FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1881 — N° 336

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le 30 juillet 1881, à 2 heures

Par Georges ROUHET

Né à Roquebrune, le 21 octobre 1854

ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS, MÉDAILLE DE BRONZE DE L'ASSISTANCE PUBLIQUE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

DE

LA GYMNASTIQUE

ET SUR L'ENTRAINEMENT



Président : M. LASÈGUE, *professeur.*

Juges : MM. HARDY, *professeur.* HUMBERT, RICHELOT, *agrégés.*

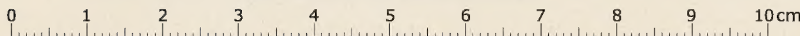
Le candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'Enseignement Médical

PARIS

TOLMER ET Cie, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

3, RUE DE MADAME, 3

1881



FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen.................. M. VULPIAN.

Professeurs........... MM.

Anatomie..	SAPPEY.
Physiologie	BECLARD.
Physique médicale..................................	CAVARRET.
Chimie organique et chimie minérale..	WURTZ.
Histoire naturelle médicale..........................	BAILLON.
Pathologie et thérapeutique générale...............	BOUCHARD.
Pathologie médicale	JACCOUD. PETER.
Pathologie chirurgicale..............................	GUYON. DUPLAY.
Anatomie pathologique.............................	CHARCOT.
Histologie...	ROBIN.
Opérations et appareils.............................	LEFORT.
Pharmacologie......................................	REGNAULT.
Thérapeutique et matière médicale................	HAYEM.
Hygiène	BOUCHARDAT.
Médecine légale....................................	BROUARDEL.
Accouchements, maladies des femmes en couche et des enfants nouveau-nés............................	PAJOT.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.	LABOULBÈNE.
Pathologie comparée et expérimentale..............	VULPIAN.
Clinique médicale	SÉE (G.). LASEGUE. HARDY. POTAIN.
Maladies des enfants................................	PARROT.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale..	BALL.
Clinique chirurgicale................................	RICHET. GOSSELIN. VERNEUIL. TRELAT.
Clinique ophthalmologique..........................	PANAS.
Clinique d'accouchements..........................	DEPAUL.
Clinique des maladies syphilitiques................	FOURNIER.

DOYEN HONORAIRE : M. WURTZ.

Professeurs honoraires :

MM. BOUILLAUD, le baron J. CLOQUET et DUMAS.

Agrégés en exercice.

MM.	MM.	MM.	MM.
BERGER.	GAY.	LEGROUX.	REMY.
BOUILLY.	GRANCHER.	MARCHAND.	RENDU.
BOURGOIN.	HALLOPEAU.	MONOD.	RICHET.
BUDIN.	HENNINGER.	OLLIVIER.	RICHELOT.
CADIAT.	HANRIOT.	PEYROT.	STRAUS.
	HUMBERT.	PINARD.	TERRILLON.
DEBOVE.	LANDOUZY.	POZZI.	TROISIER.
DIEULAFOY.	JOFFROY.	RAYMOND.	
FARABEUF.	DE LANESSAN.	RECLUS.	

Agrégés libres chargés des cours complémentaires.

Cours cliniques des maladies de la peau...........	MM. N.
— des maladies des enfants..........	N.
— d'ophthalmologie.......................	N.
— des maladies des voies urinaires....	N.
Chef des travaux anatomiques....................	FARABEUF.

Secrétaire de la Faculté : A. PINET.

Par délibération en date du 9 décembre 1789, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. CH. LASÈGUE

PROFESSEUR DE CLINIQUE MÉDICALE A LA PITIÉ

A M. LE PROFESSEUR MAREY

MEMBRE DE L'INSTITUT

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

INTRODUCTION

Nous nous étions seulement proposé au début de ces recherches d'étudier les conditions hygiéniques de l'entraînement gymnastique et de présenter un certain nombre de règles déduite de l'expérience que nous avons poursuivie sur nous-même depuis plusieurs années.

Il y a quelque temps, nous avons été introduit auprès de M. le professeur Marey, qui s'est empressé de nous ouvrir son laboratoire et de mettre à notre disposition les précieux moyens d'investigation dont on y dispose. Malheureusement, le temps nous a manqué pour mettre complétement cette bienveillance à profit ; nous n'avons pu exécuter qu'un petit nombre d'expériences avec le concours amical de M. François Franck. Cependant, ayant au moins appris à apprécier l'importance de toute cette partie de recherches relatives à l'entraînement gymnastique, nous avons tenté d'exposer dans les premiers chapitres de ce travail les traits essentiels de la question envisagée au point de vue scientifique. C'est une simple ébauche, mais on voudra bien nous tenir compte de l'insuffisance forcée de nos recherches personnelles.

Ces études, du reste, recevront bientôt de grands développements, M. Marey s'occupant actuellement du sujet.

Toute la seconde partie est consacrée à l'étude générale de l'entraînement et à son hygiène.

Nous résumons à la fin de notre thèse les faits qui se dégagent de cette double étude.

C'est pour nous un devoir des plus agréables à remplir que d'adresser à M. le professeur Marey nos respectueux remercîments pour le gracieux accueil que nous en avons reçu et pour la libéralité avec laquelle il a bien voulu nous admettre dans son laboratoire. Nous ne devons pas moins au Dr François Franck, qui s'est mis avec empressement à notre disposition et nous a fourni une grande partie des documents utilisés dans la première partie de notre thèse. Nous le prions d'accepter nos bien sincères remercîments.

Est-il besoin avant de commencer notre travail de signaler l'importance du sujet que nous avons à traiter. Oui, sans doute; car, pour beaucoup de personnes, ce mot de gymnastique implique les idées les plus étroites et les plus fausses. Et cependant, si nous jetons un regard vers le passé, nous voyons que c'est au gymnase, que la philosophie et la médecine ont pris naissance; qu'au gymnase se sont formées ces phalanges disciplinées de soldats endurcis à toutes les fatigues et dont les exploits font encore aujourd'hui notre admiration; qu'au gymnase enfin les artistes ont étudié et cultivé les formes accomplies, qu'ils ont reproduites par la sculpture pour livrer ces chefs-d'œuvre impérissables à la postérité. Nous louons tout cela, nous l'admirons. Pourquoi alors mépriser aujourd'hui la gymnastique, pourquoi ne pas encourager la jeunesse qui a encore de l'admiration pour les choses véritablement belles et grandes, et qui cherche à obtenir par une culture sagement réglée du corps, le développement des grandes idées qui étaient l'apanage de la civilisation grecque. Les anciens avaient admirablement compris le rapport qu'il y a entre le physique et le moral, et ce n'était pas tant pour endurcir les soldats qu'ils les envoyaient au gymnase, que pour développer en eux le sentiment de la patrie qui, dans les heures difficiles, devait les transformer en héros. Le fait d'exercer ses muscles, de se soumettre à une vie rude et pénible, d'écarter de soi tout ce qui peut gêner le développement ou diminuer la force, constitue évidemment un grand moyen d'élever le niveau moral de l'individu. Il faut que le corps ait de la vigueur pour obéir à l'âme, un bon serviteur doit être robuste. Plus le corps est faible, plus il commande; plus il est fort, plus il obéit.

Et, d'abord, comment définir la gymnastique : « c'est une science raisonnée des mouvements, propre à développer le système musculaire, en tout ou en partie, dans un but d'hygiène, d'éducation ou de thérapeutique ». Elle doit développer les muscles, et en même temps leur donner plus de force ; or il est clair que ce double but ne peut être atteint sans le concours de certains moyens indispensables qui sont : une alimentation spéciale, l'exercice, l'hydrothérapie, etc., le régime en un mot sous toutes ses formes. La meilleure gymnastique sera celle qui fera le mieux disparaître la graisse, qui rendra le muscle plus saillant et plus fort, et qui donnera à l'individu la souplesse, le courage et la résistance soit aux maladies, soit à toutes les autres causes extérieures de destruction. C'est qu'en effet, quand les muscles travaillent, le corps ne s'use pas ; la rouille qui le détériore, c'est l'oisiveté.

« Quand l'hygiène scientifique, dit M. le professeur Bouchardat, se sera emparée des méthodes de l'entraînement, quand elle les aura éclairées, dirigées par une attention et minutieuse observation, j'ai la ferme conviction qu'il en surgira des découvertes aussi utiles qu'inattendues qui nous permettront de consolider et de perfectionner des santés avec autant de certitude qu'on peut en espérer, lorsqu'il s'agit d'un être vivant. C'est la voie dans laquelle on doit s'engager pour combattre efficacement nos ennemis les plus implacables : la vieillesse et la mort prématurée. » C'est donc cette gymnastique, destinée à améliorer la santé, destinée à perfectionner les instruments de la vie, à amener, sans danger, l'organisme au plus grand déploiement de forces dont il est susceptible, mais capable aussi de relever les facultés morales et le sentiment du beau, c'est elle que nous avons essayé de tirer du discrédit dans lequel elle est tombée. Puissent nos efforts être couronnés de succès !

L'art de la gymnastique remonte presque à l'origine du monde. Les premiers hommes, en effet, devaient attacher une grande importance aux qualités physiques, puisque, dans leurs luttes incessantes contre les obstacles matériels qu'ils rencontraient à chaque pas, le plus fort était toujours celui qui résistait le mieux ; aussi prenaient-ils pour chefs et pour arbitres les plus hauts de taille et les plus vigoureux. Mais ce n'est pas tout. Lorsque, après avoir assuré leur repos, par la domination de tout

ce qui pouvait les gêner dans leur essor et leur développement, ils goûtèrent un moment de calme, ils durent chercher d'abord à se soustraire à l'ennui; aussi la danse, la lutte, l'art de lancer les flèches et le javelot; la natation, la course, le saut, occupèrent leurs loisirs. Parmi les peuples les plus anciens, ce sont les Chinois qui paraissent avoir tenu les premiers, en véritable estime, les jeux du gymnase. Chaque jour, ils se livraient aux exercices du corps, pour développer leur force et « éviter les maladies épidémiques ». Ils avaient pour maxime un principe essentiellement vrai qui doit guider les règles de l'hygiène, aussi bien que celles de la morale: « le perfectionnement de soi-même, ou renouvelle-toi complétement chaque jour; fais-le de nouveau et toujours de nouveau. » On trouve dans le *Cong-Fou* (*Traité d'hygiène gymnastique des Chinois*) les différents mouvements qu'on faisait faire aux sujets en vue de combattre certaines affections. Le malade prenait toutes sortes de positions et d'attitudes, on le faisait respirer d'une certaine manière, et l'art consistait justement à choisir et à combiner ces méthodes, à les varier, selon le mal qu'il s'agissait de guérir. Chez les Indous, la gymnastique était employée comme mode de traitement dans différentes maladies. Ils recommandaient surtout la percussion, le massage, les frictions. Chez les Grecs, la gymnastique était une véritable institution nationale. On n'exerçait pas son corps pour guérir les maladies, mais pour les prévenir. Les gymnases étaient fréquentés par la jeunesse qui se préparait là à tous les genres de triomphe. Celui qui n'était pas habile aux exercices physiques était déconsidéré. Il n'y avait point de citoyen libre qui n'eût fréquenté le gymnase. Les maîtres, en véritables artistes, exerçaient le corps non-seulement pour lui donner de la vigueur, de la résistance et de la vitesse, mais encore de la symétrie et de l'élégance. Voici le portrait que trace M. Taine d'un jeune Grec. « Même immobile et nu il témoignait de ses exercices par la beauté de ses formes; sa peau brunie et affermie par le soleil, l'huile, la poussière, le strigile (1) et les bains

(1) Le STRIGILE ou RACLOIR servait en Grèce à enlever et à faire disparaître, en grattant, l'humidité et les corps étrangers répandus à la surface de la peau par la chaleur du bain de vapeur ou les violents exercices de la palestre. Il était fait de fer ou de bronze, avait une poignée dans laquelle on pouvait passer la main (*clausula*), et une lame recourbée, creusée en canal (*tubulatio*) où pouvaient couler comme dans une gouttière l'humidité et la sueur que l'instrument exprimait de la peau. Quand on vou-

froids, ne semblait point déshabillée ; elle était accoutumée à l'air ; à la voir, on la sentait dans son élément ; certainement elle ne frissonnait pas, elle ne présentait pas de marbrures et de chair de poule ; elle était un tissu sain, d'un beau ton qui annonçait la vie libre et mâle. »

Les gymnases d'Athènes étaient au nombre de trois. C'étaient de vastes édifices construits hors de la ville, entourés de jardins et de bois sacrés, décorés par une quantité de statues. On y trouvait des pièces spacieuses pour tous les genres de mouvements, d'autres pour les bains ; car chez les Grecs le strigile et l'eau froide étaient le complément indispensable de tous leurs exercices. Le directeur du gymnase était appelé *gymnasiarque*. Le *gymnaste*, lui, était chargé d'indiquer à chacun, selon son âge et sa constitution, la nature des exercices qui lui convenaient. Le *pédotribe* enseignait le détail mécanique des mouvements et faisait manœuvrer les jeunes athlètes. C'était surtout la course, la lutte, le pugilat, le pancrace, le disque ou palet, le saut, le pentathle qui étaient en honneur. Ce sont ces exercices qu'on célébrait dans les jeux olympiques qui duraient cinq jours, et recommençaient tous les quatre ans. On se réunissait de tous les points de la Grèce, soit à Olympe, soit à Delphes, pour assister à cette solennité. Le vainqueur recevait une couronne de feuillage et était porté en triomphe. On le ramenait chez lui en faisant une brèche aux murs de la ville. Ce qu'il y a de remarquable dans l'éducation physique des Grecs, des Spartiates en particulier, c'est que les filles elles-mêmes étaient admises aux mêmes exercices que les hommes. On voulait qu'elles se fortifiassent afin que les enfants qu'elles concevraient puisent de plus fortes racines dans des corps robustes. Aristophane nous dit qu'elles faisaient des « sauts violents, des bonds de biche », des courses précipitées, où, « pareilles à des poulains et les cheveux flottants, elles font voler la poussière ». Elles chantaient, dansaient nues devant les jeunes gens : « La nudité des filles n'avait rien de honteux ; leur vertu leur servait de voile. »

lait s'en servir de manière à ne pas écorcher la peau, on en adoucissait les bords avec quelques gouttes d'huile. Celui qui avait pour mission de manier le strigile s'appelait ALIPTES. Il devait oindre et frotter le corps des athlètes d'huile et de sable fin mêlés, avant et après une lutte dans la palestre, ou celui des jeunes gens dans les écoles de gymnastique. Il devait aussi diriger et surveiller leur éducation et leurs exercices. (ANTHONY RICH. — *Dict. des antiquités romaines et grecques*. Paris, F. Didot, 1861.)

Les Romains, qui se soucièrent beaucoup moins de la beauté et beaucoup plus de la force, s'occupaient surtout de gymnastique militaire. Les soldats étaient, dès leur jeune âge, exercés au métier de la guerre; on les entretenait à la marche et la course. On faisait pour les jeunes recrues des armes d'un poids extraordinaire qui ne servaient qu'aux exercices, afin que plus tard les véritables armes leur parussent légères, malgré leur pesanteur. On leur enseignait à sauter, à nager, à lancer des javelots, à se servir de l'épée, de la lance, de la fronde, à monter à cheval, à sauter tout armés sur un cheval du côté droit ou du côté gauche.

Le moyen âge nous offre quelques vestiges des institutions grecques et romaines au point de vue de la glorification de la force physique; ses tournois, où le plus vigoureux joûteur était récompensé par des mains royales et salué par l'enthousiasme des populations, nous rappellent jusqu'à un certain point les jeux de l'antiquité. L'analogie est encore plus complète si l'on rapproche les exercices des soldats romains de ceux de notre jeune noblesse pendant les siècles de chevalerie.

Voici, par exemple, comment s'entraînait un chevalier, doué, dit-on, d'une force prodigieuse : « Il s'exerçait surtout à monter à cheval, à sauter sur un coursier, sans étrier. D'autres fois, il allait et courait pour s'accoutumer à avoir longue haleine. D'autres fois, il férissait d'une cognée et d'un mail « grande pièce et grandement ». Il montait au revers d'une grande échelle « tout au plus hault » sans toucher des pieds, mais seulement sautant des deux mains ensemble, d'échelon en échelon, armé d'une cotte d'acier.

Depuis le moyen âge jusque vers la fin du XVIIe siècle la gymnastique a été graduellement délaissée. A cette époque un médecin éminent, Mercuriali de Vérone, pénétré des préceptes des anciens, et convaincu de l'utilité des exercices du corps, préconise de nouveau la gymnastique, dans un livre devenu célèbre (*De Arte gymnastica*, 1573). Ce livre reste comme le trait d'union entre la gymnastique antique et la gymnastique moderne, dont il est en quelque sorte le précurseur.

Dans le dernier quart du XVIIIe siècle, Pestalozzi, le premier en Europe, fit concourir la gymnastique à l'éducation de la jeunesse, dans son institution d'Iverdun, en Suisse. L'exemple de Pestalozzi fut suivi

par Gusmuths qui, né en 1759, créa un gymnase en Saxe, et quelques années après publia le premier traité de gymnastique moderne. Après lui, quatre professeurs célèbres, presque contemporains, contribuèrent beaucoup à la vulgarisation des exercices gymnastiques : ce furent Ling, Jahn, Clias et Amoros. En 1780, Tissot publia un livre des plus remarquables dans lequel il donne l'explication de tous les mouvements, et montre leur influence sur le développement du corps. Cependant Amoros et Clias restent en quelque sorte les maîtres de l'école française. Plus tard, deux de leurs élèves distingués, le colonel d'Argy et Laisné, furent chargés de l'organisation de l'école gymnastique militaire de la Faisanderie. — Dès lors, la gymnastique commença à se généraliser; des gymnases particuliers se fondèrent à Paris et dans la plupart des grandes villes. Les médecins et les savants ont beaucoup contribué à ce progrès par leurs écrits. Parmi les travaux les plus remarquables, citons : le *Traité de Gymnastique* de Londe, les rapports de M. Bailly, et surtout de M. Bouvier sur la gymnastique de Clias. Signalons encore les travaux de MM. Royer-Collard, Bouchardat, Michel Lévy, etc. Aujourd'hui, on peut dire que, grâce à tous ces efforts, la gymnastique est entrée dans une ère nouvelle. Elle est réhabilitée, encouragée : malgré cela, elle n'a pas produit encore tous les effets qu'on pouvait attendre d'une impulsion aussi vigoureuse. C'est que l'entrain manque à tout le monde. Chacun reconnaît l'avantage des exercices du corps, mais personne ne s'y livre avec conviction. Pour moi, je suis absolument enthousiaste et convaincu, car je sais, pour les avoir observés sur moi-même, à quels résultats inouïs on arrive en faisant de la gymnastique d'une manière régulière et rationnelle.

PREMIÈRE PARTIE

ANALYSE PHYSIOLOGIQUE

CHAPITRE PREMIER

MODIFICATIONS CIRCULATOIRES PRODUITES PAR L'EXERCICE MUSCULAIRE (1).

L'effet bien connu de l'exercice gymnastique dans lequel on exécute en peu de temps un grand nombre de mouvements, ou dans lequel on fait accomplir aux muscles un travail plus ou moins considérable, consiste dans l'accélération des battements du cœur, l'augmentation apparente de la force du pouls et la dilatation des vaisseaux superficiels, avec rougeur, chaleur et gonflement de la peau, turgescence des vèines, etc.

Il y a un lien étroit entre tous ces phénomènes; nous croyons nécessaire de l'indiquer succinctement, sans nous y arrêter autrement que pour bien fixer les idées : ces questions ont été traitées à fond par M. Marey dans ses diverses publications, et notamment dans son nouvel ouvrage actuellement sous presse, sur la *Circulation*.

Le fait dominant, c'est la dilatation des vaisseaux périphériques, quelle qu'en soit la cause prochaine : nous verrons plus tard que

(1) Nous présenterons à la fin de ce travail un certain nombre de tracés obtenus, soit sur nous-même, soit sur d'autres personnes, et que M. Marey a bien voulu nous autoriser à publier.

Si nous remettons à la suite de notre exposé les courbes relatives aux modifications circulatoires produites par l'exercice, c'est qu'on trouvera dans ces figures des renseignements relatifs à d'autres modifications, notamment à celles que subit la respiration.

l'augmentation de la température profonde peut jouer un rôle essentiel dans la production de ce phénomène (1).

Toujours est-il que la dilatation des vaisseaux périphériques entraîne comme conséquence immédiate une chute considérable de la pression du sang dans les artères. Cet effet a été constaté directement par MM. Chauveau et Marey, dans leurs expériences sur le cheval. Un manomètre étant mis en rapport avec l'artère faciale, et indiquant une certaine valeur de la pression moyenne du sang dans le système aortique, on fit courir l'animal, et quand il fut ramené, on constata que la pression s'était considérablement abaissée dans l'artère.

Mais en même temps que s'était abaissée la tension artérielle, les variations de cette tension sous l'influence des systoles du cœur, autrement dit, le pouls artériel, avait acquis une amplitude beaucoup plus grande. Ce fait s'explique facilement, comme l'a montré M. Marey, par la chute même de la pression qui a créé des écarts beaucoup plus considérables, entre les minima auxquels retombe la pression dans les

(1) Marey. — *La Circulation du sang*, paragraphe 222, page 342. — Sous presse (Epreuves communiquées.)

« Quand on prend le tracé du pouls d'un individu au repos, et qu'on le compare à celui du même individu après une course rapide ou après l'ascension d'un escalier, on trouve une grande différence dans la fréquence des pulsations. Comme la circulation générale est très-accélérée par la course, les tissus plus colorés, la peau plus chaude, on est porté au premier abord, à croire que les forces qui président à la circulation sont augmentées, c'est-à-dire que le cœur déploie plus d'énergie que de coutume. Mais ces phénomènes peuvent tenir à une cause toute différente : l'augmentation de fréquence des battements du pouls peut être un effet de l'écoulement plus facile du sang à travers les petits vaisseaux, sous l'influence de la course. On sait que, lorsque un muscle agit, le sang le traverse avec plus de vitesse, soit qu'il y ait relâchement des vaisseaux, soit que l'action des muscles, favorisant le courant veineux, diminue les résistances au devant des capillaires. Quelle que soit la cause immédiate de cette accélération du mouvement du sang à travers les vaisseaux des muscles en action, elle n'est pas contestable après les expériences qui ont été faites sur ce point.

Ainsi, de deux choses l'une : ou bien la puissance du cœur s'est primitivement accrue et sous quelque influence excitatrice le cœur a précipité ces battements; ou bien l'acte primitif a été un écoulement plus facile du sang par les petits vaisseaux : d'où abaissement de la tension artérielle, et accélération secondaire du cœur. Un moyen de trancher la question, c'est de mesurer la tension artérielle à l'aide d'un manomètre. En effet, dans la première hypothèse, si c'est un excès d'impulsion qui constitue le phénomène initial, il doit s'ensuivre une élévation de la tension artérielle; dans le second cas, la tension sera diminuée. » (Pour les détails voyez les développements ci-joints).

intervalles diastoliques et les maxima auxquels elle s'élève à chaque impulsion cardiaque.

Sur l'homme l'augmentation apparente de la force du pouls résulte essentiellement de la même cause. Il faut ajouter que l'artère qu'on explore a aussi subi une dilatation par relâchement de ses parois musculaires, qu'elle est devenue plus volumineuse, et que par suite, les effets mécaniques de la pulsation sont beaucoup plus considérables.

A la dilatation vasculaire est encore liée *la rougeur des téguments* parcourus par une plus grande quantité de sang artériel qui circule beaucoup plus vite et conserve sa coloration rouge dans les plus petits vaisseaux : c'est le même phénomène que celui que Cl. Bernard a découvert dans la glande sous-maxillaire pendant la dilatation vasculaire, produite par l'excitation de la corde du tympan.

Le gonflement des tissus résulte aussi de l'apport d'une quantité de sang plus considérable; la chaleur des téguments est soumise à la même cause.

Enfin, si l'on voit les veines turgescentes à la suite d'un exercice musculaire, c'est que, non-seulement les muscles dans leurs mouvements (*voyez le chapitre consacré à cette étude*) ont chassé vers les veines superficielles une quantité surabondante de sang, mais aussi et surtout, parce que le passage du sang est beaucoup plus rapide des artères aux veines par les petits vaisseaux dilatés.

Quant à l'accélération des battements du cœur, elle est souvent considérable chez les sujets non entraînés; elle existe presque toujours même chez ceux qui ont des exercices physiques l'habitude la plus grande, mais chez ceux-ci elle ne constitue point la moindre gêne, tandis que ce sont de véritables palpitations, souvent très-pénibles, qui se produisent chez les autres.

En s'accélérant le cœur augmente-t-il réellement d'énergie impulsive, comme tendrait à le faire supposer la brusquerie augmentée du choc précordial? Cela n'est nullement démontré, la brièveté même et la rapidité plus grande de la systole suffisant pour expliquer l'impression de violence que donne le choc de la pointe. On trouvera, dans le chapitre consacré à l'étude de la respiration, des tracés fournis par la pulsation cardiaque où le caractère de brusquerie est nettement accusé.

Si nous envisageons les conséquences de ces modifications de la circulation générale, nous voyons que la rapidité du courant sanguin est considérablement augmentée dans le système aortique.

A priori, nous devons supposer que la circulation pulmonaire se modifie dans le même sens.

Cette modification s'imposant, pour ainsi dire, pour que l'équilibre normal des deux circulations soit maintenu, nous insisterons sur ce point dans le prochain chapitre.

CHAPITRE II

MODIFICATIONS DE LA RESPIRATION SOUS L'INFLUENCE DE L'EXERCICE GYMNASTIQUE

Les relations étroites que l'on sait exister entre les modifications circulatoires et les modifications respiratoires s'accusent au maximum sous l'influence de l'exercice musculaire.

Nous venons de voir combien la circulation s'accélère à la suite d'un exercice un peu violent, chez un sujet non entraîné ou soumis à un entraînement incomplet. Nous allons maintenant passer en revue les modifications respiratoires qui se produisent dans les mêmes conditions; puis nous chercherons à rapprocher les uns des autres les changements qui surviennent à la fois dans la circulation et dans la respiration.

§ 1. — Modifications de la respiration sous l'influence de l'exercice musculaire sans efforts violents.

Quand on compare la respiration d'un sujet non habitué aux exercices du corps, à l'état de repos et après la course, par exemple, on est frappé des modifications profondes qui se sont produites. Chacun connaît le phénomène de l'essoufflement, pour l'avoir éprouvé sous l'influence d'un exercice rapide et inaccoutumé : les mouvements respiratoires s'accélèrent, deviennent irréguliers, mais prennent une plus grande amplitude, en rapport avec le besoin qu'éprouve le sujet en expérience d'introduire une grande quantité d'air dans sa poitrine. De temps en temps on arrive à exécuter une grande inspiration lente qui constitue un véritable soulagement; puis les respirations reprennent leur rythme accéléré et leurs caractères d'irrégularité. On se trouve ici en présence d'une fonction

sur laquelle la volonté n'a pour ainsi dire plus de prise et qui se règle elle-même, à la suite de l'exercice, pendant un temps variable.

Il semble que les mouvements respiratoires s'accélèrent comme pour se conformer au mouvement de la circulation, pour permettre au sang, qui traverse extrêmement vite la grande circulation, de parcourir avec une égale rapidité la circulation pulmonaire.

Cette vue paraît autorisée par ce que nous savons des rapports physiologiques des deux circulations. Il est établi expérimentalement que, comme la théorie le faisait prévoir, la même quantité de sang doit traverser dans un même temps le circuit pulmonaire et le circuit du système aortique : c'est ainsi que, tout récemment, des expériences de MM. Jolyet et Tauziac (1) ont montré que la vitesse du courant sanguin à travers le poumon est environ 5 fois plus considérable que celle du sang à travers les capillaires aortiques, différence qui est en rapport avec la capacité environ 5 fois moindre de l'appareil vasculaire du poumon.

Or, pour conserver ce rapport physiologique quand l'activité de la circulation périphérique s'exagère au degré, par exemple, que nous lui voyons acquérir sous l'influence de l'exercice musculaire, il faut de toute nécessité que des influences accélératrices interviennent dans la circulation pulmonaire.

La nature atteint ce résultat d'une manière plus ou moins parfaite chez les différents individus, et, comme nous l'allons voir, les procédés qu'elle emploie sont un peu différents, suivant que l'exercice musculaire constitue pour le sujet en expérience un phénomène accidentel, ou au contraire un fait devenu normal par sa fréquente répétition.

Chez les sujets *non entraînés* aux exercices de ce genre, la modification respiratoire produite par la course est essentiellement caractérisée par l'*accélération;* c'est en effet un procédé qui rend la circulation pulmonaire plus rapide elle-même, et qui tend au résultat nécessaire d'équilibrer les deux circulations.

Mais, sans aucun doute, ce procédé est insuffisant, et la meilleure preuve qu'on en puisse donner, c'est que peu à peu, à mesure que le sujet en expérience s'habitue davantage à l'exercice musculaire, le

(1) Jolyet et Tauziac, *Vitesse de la circulation pulmonaire*, Bordeaux. 1880.

caractère des modifications respiratoires produites par la course change lui-même. On voit que l'accélération respiratoire, si frappante au début, disparaît progressivement; mais, par une sorte de compensation, la *respiration devient beaucoup plus profonde.*

C'est une modification tout avantageuse, comme nous l'allons voir.

Sans entrer ici dans le détail des influences que la plus ou moins grande amplitude des mouvements respiratoires exerce sur la circulation pulmonaire et sur le mécanisme de cette action, nous indiquerons succinctement ce qui se produit dans ces conditions (1).

Chaque inspiration produite par la dilatation du thorax introduit dans les cavités du poumon une quantité d'air proportionnelle au degré d'ampliation du poumon; elle attire aussi vers les cavités droites le sang veineux qui se presse aux abords de la poitrine; enfin elle agit énergiquement sur les petits vaisseaux du poumon pour en déterminer la dilatation : ce dernier point, surabondamment établi aujourd'hui (voyez la thèse de Lalesque citée plus haut), doit nous arrêter un instant.

L'action de l'inspiration sur la circulation pulmonaire, qu'elle facilite en ouvrant largement, par aspiration, les vaisseaux du poumon, doit nécessairement être d'autant plus avantageuse que l'inspiration est elle-même plus profonde. Aussi devons-nous considérer déjà comme éminemment favorables à l'augmentation de rapidité du courant sanguin à travers le poumon, les grandes, profondes et lentes inspirations qu'on voit se produire à la suite d'un exercice musculaire chez les sujets entraînés.

D'autre part, la même influence qui favorise la circulation pulmonaire proprement dite, détermine vers le cœur droit un appel énergique de sang veineux, comme l'ont si bien établi les expériences de Barry dès 1825 : les grandes inspirations dégagent donc la circulation veineuse, qui tendrait à se surcharger à cause du passage plus rapide du sang à travers les capillaires de la grande circulation.

Mais cet afflux plus considérable de sang au cœur droit permet une

(1) Pour les détails des rapports entre les mouvements respiratoires et la circulation pulmonaire, nous renvoyons à la thèse de M. F. Lalesque sur la circulation pulmonaire. Juillet 1881.

alimentation suffisante de la circulation pulmonaire que nous voyions tout à l'heure si notablement accélérée par le fait même des grandes inspirations.

De telle sorte qu'en définitive, *l'exagération de rapidité du cours du sang à la périphérie du corps est suffisamment compensée par l'augmentation de vitesse du courant sanguin à travers le poumon, dans le cas où se produisent des inspirations amples et prolongées.*

Ce résultat favorable ne s'obtient certainement pas chez l'individu non entraîné, dont la respiration après la course reste superficielle quoique très-accélérée. A coup sûr, l'exagération de la fréquence du rythme respiratoire est incapable de produire sur la circulation pulmonaire les heureux effets des respirations larges que présentent les sujets entraînés.

Aussi pouvons-nous parfaitement nous expliquer pourquoi, toute question de résistance musculaire mise à part, un sujet entraîné à la course peut soutenir longtemps, sans éprouver ces troubles généraux qui forcent à s'arrêter, l'exercice dont il s'agit. Ce sujet a fait inconsciemment l'éducation de sa respiration, et il est arrivé, en même temps qu'il développait sa puissance musculaire, à régler ses mouvements respiratoires de la manière la plus avantageuse pour maintenir l'équilibre physiologique entre la petite et la grande circulation.

L'absolue nécessité d'une respiration active en rapport avec la suractivité circulatoire provoquée par l'exercice gymnastique n'est pas seulement démontrée par le besoin urgent de respirer qu'éprouve l'individu ; elle résulte encore de l'impossibilité où il se trouve, malgré les plus grands efforts de volonté, soit de suspendre simplement sa respiration, soit et surtout de faire un effort d'expiration, immédiatement après l'exercice.

Ces faits se montrent chez tous les sujets entraînés ou non, mais à des degrés très-différents. On va voir dans les résultats des expériences que nous avons faites sur ce sujet avec M. François-Franck, et dont nous donnerons quelques spécimens, combien il est difficile, même à un sujet très-entraîné, de suspendre complétement sa respiration quand il a fait un exercice violent.

Il s'agit ici d'un jeune homme de vingt ans, d'une très-grande vigueur ayant l'habitude de tous les exercices du corps et en particulier de

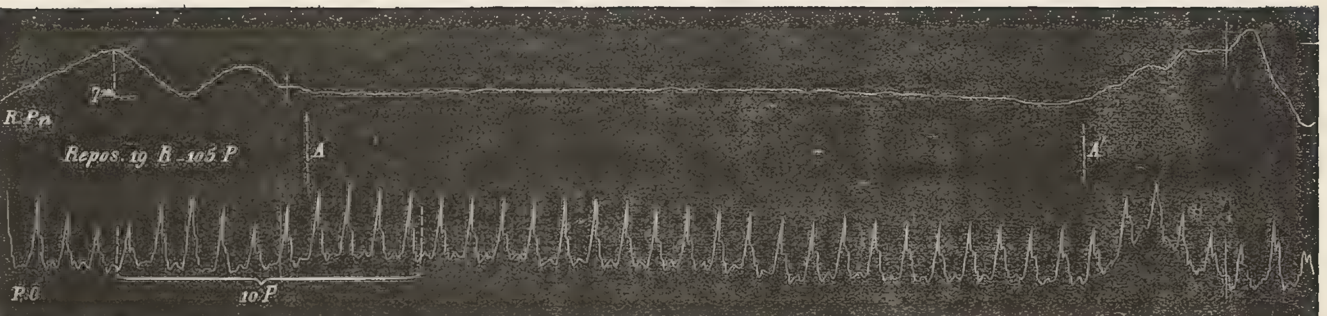


Fig. 1. — Respiration (R. Pn). — P. C. Pulsations du cœur. — De A en A' arrêt simple de la Respiration soutenu pendant 16 secondes. — On compte 10 pulsations en 6 secondes, le sujet étant au repos; chaque inspiration est exprimée sur la courbe par une hauteur de 7 millimètres. (Laboratoire de M. Marey.)

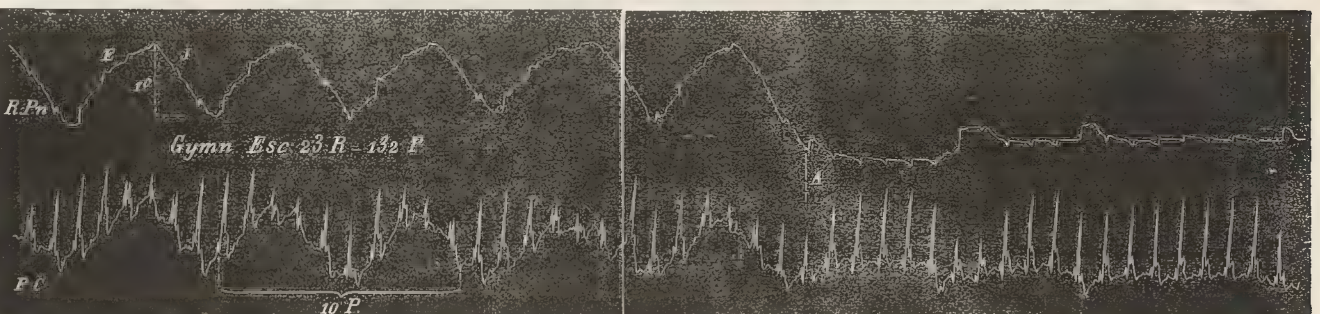


Fig. 2. — Respiration (R. Pn) après un exercice violent (ascension trois fois répétée de trois étages). Les mouvements respiratoires sont accélérés 23 par minute au lieu de 19, mais surtout d'une amplitude plus considérable (chaque inspiration est représentée par une hauteur de 1 centimètre. Les battements du cœur sont très-accélérés (132 pulsations au lieu de 105). En A le sujet essaie d'arrêter sa respiration; il n'y parvient qu'incomplètement et pour un temps très-court. (Laboratoire de M. Marey.)

course rapide et soutenue. Quand il a fait l'exercice violent que nous devons considérer comme le plus pénible, l'ascension trois fois répétée coup sur coup de trois étages, il ne peut plus, malgré toute sa volonté, suspendre complétement sa respiration même un temps très-court. La figure 1 montre les courbes respiratoires (R. Pn) et les pulsations du cœur (P. C.) de ce sujet à l'état de repos, avec une suspension parfaite et assez prolongée de la respiration de A en A.

Après l'exercice dont il s'agit (fig. 2), les mêmes tracés étant recueillis aussitôt après qu'il est revenu de faire l'ascension répétée de trois étages, on voit (en A) qu'il ne peut suspendre complétement sa respiration ; on voit aussi que malgré toute la force de volonté qu'il déploie, il exécute encore de petits mouvements respiratoires très-manifestes (voy. la *Courbe des pulsations du cœur*).

§ 2. — Relations entre les modifications des mouvements respiratoires et la modification de la capacité pulmonaire.

Il ne faut évidemment pas se borner à envisager, dans l'étude des modifications respiratoires, les effets que ces modifications peuvent produire sur la circulation. Il est clair que nous devons aussi nous préoccuper de savoir dans quel sens se modifie la pénétration de l'air dans les poumons chez les individus entraînés ou non par l'exercice gymnastique. Cette étude nous devons la suivre non-seulement en recherchant les modifications *immédiates* qui surviennent, après un exercice gymnastique, mais en nous demandant si les sujets qui se soumettent à l'entraînement gagnent d'une façon permanente au point de vue de la capacité respiratoire.

Ce sera là deux questions que nous examinerons successivement.

1° *Quelles sont les modifications produites, par l'exercice gymnastique, dans la capacité respiratoire immédiatement après l'exercice.* — Nous savons déjà qu'après un exercice violent, quelque temps soutenu, la respiration éprouve des modifications profondes dans son rhythme et dans sa forme; le plus ordinairement, c'est une exagération considérable d'amplitude qui s'observe.

Nous devons nous demander dans quel sens cette amplitude plus grande des mouvements respiratoires influence la quantité d'air introduit dans le poumon en un temps donné. Le sujet qui respire avec son rhythme normal introduit-il plus ou moins d'air dans son poumon que quand il présente, après l'exercice gymnastique, une respiration qui peut être très-ralentie?

Le seul moyen de trancher cette question était de faire des mesures



spirométriques comparatives : ces mesures étaient faciles à réaliser même avec les appareils les moins perfectionnés : un simple gazomètre équilibré par des contrepoids et d'une capacité d'une vingtaine de litres suffirait pour permettre ces expériences comparatives. Mais nous avons pu les exécuter dans des conditions plus avantageuses, grâce à l'obligeance de M. Galante qui a mis à notre disposition le spiromètre dont il

est l'auteur et dont nous reproduisons les dispositions dans la figure suivante (fig. 3).

Le fonctionnement de l'appareil se comprend aisément. Quand on souffle à l'intérieur du récipient, celui-ci cède *sans résistance* à l'arrivée de l'air, étant équilibré par un système de contrepoids *p. P.* qui agissent en tout temps avec la même valeur ; de sorte qu'on n'a point à vaincre la résistance des parois en caoutchouc qui limitent le récipient.

On lit sur le cadran les nombres de centimètres cubes d'air qui ont été poussés dans l'appareil, et si l'on pointe à chaque expiration le chiffre correspondant à la quantité d'air insufflé, on peut construire ensuite des courbes d'un véritable intérêt.

C'est ainsi que nous avons procédé en soumettant comparativement un certain nombre de sujets différents à l'expérience.

Des personnes qui ont voulu se prêter à ces études, les unes, comme nous-même et comme M. D..., étaient entraînées d'une façon régulière ; les autres, comme M. F..., et M. T..., avaient l'habitude des exercices du corps sans s'être soumis à aucun entraînement régulier ; d'autres, enfin, comme M. M..., n'étaient nullement exercées.

Ces trois séries de sujets ont été soumis à la même exploration.

On commençait par faire expirer dans le spiromètre chaque personne à l'état de repos jusqu'à ce que la cavité du récipient fût entièrement remplie d'air. Après un premier essai, on recommençait plusieurs fois de manière à obtenir une moyenne que nous appellerons la *moyenne du repos.*

Les moyennes seraient représentées en chiffres (centimètres cubes) de la façon suivante :

M. F.	1er	expiration	1100	c. cubes
	2e	—	1100	
	3e	—	1000	
	4e	—	1200	
	5e	—	1100	
	6e	—	900	
		Total	6,400	en 6 expirations.

Nous nous contentons de cet exemple destiné à faire comprendre

comment nous avons procédé pour obtenir la *capacité respiratoire moyenne à l'état du repos.*

Ayant donc obtenu sur chaque personne la moyenne nouvelle qui donne les volumes d'air à chaque mouvement respiratoire et le nombre des respirations nécessaires pour remplir un récipient de 6 litres 4 décilitres, nous avons recommencé l'expérience après un exercice violent, le même pour chaque sujet : il s'agissait de monter rapidement trois étages à trois reprises successives et sans temps d'arrêt.

Aussitôt que le sujet en expérience venait de terminer cet exercice, il recommençait les mensurations faites à l'état de repos et fournissait l'indication des différences survenues dans sa capacité respiratoire.

Si, par exemple, nous relevons en chiffres la nouvelle moyenne ou *moyenne de l'exercice* fournie par la même personne qui avait donné les chiffres du relevé précédent, nous obtenons le tableau suivant :

M. F. après ascension trois fois répétée de 3 étages.

1re	Expiration	2100	c. cubes.
2e	—	2200	—
3e	—	2150	—
		6.450	

On voit tout de suite que chaque mouvement respiratoire a introduit dans le poumon une quantité d'air à peu près double de la quantité normale ; aussi a-t-il fallu deux fois moins d'expirations qu'au repos pour remplir le spiromètre.

Ce résultat n'est point spécial au sujet qui nous a fourni les chiffres précédents. C'est au contraire la règle, comme le montre le tableau fig. 4.

Les modifications immédiates imprimées par l'exercice gymnastique à la respiration peuvent donc se formuler ainsi :

1° *Ampleur environ deux fois plus grande de chaque mouvement respiratoire, correspondant à l'introduction dans le poumon d'une quantité d'air double, quelquefois triple de la quantité normale.*

2° *Les sujets soumis à l'entraînement gymnastique conservent-ils d'une façon permanente l'augmentation de la capacité respiratoire qui s'observe immédiatement après l'exercice?* — L'expérience permet

de répondre immédiatement à cette question. Il suffit de soumettre à l'examen spirométrique plusieurs sujets *de la même taille*, les uns en-

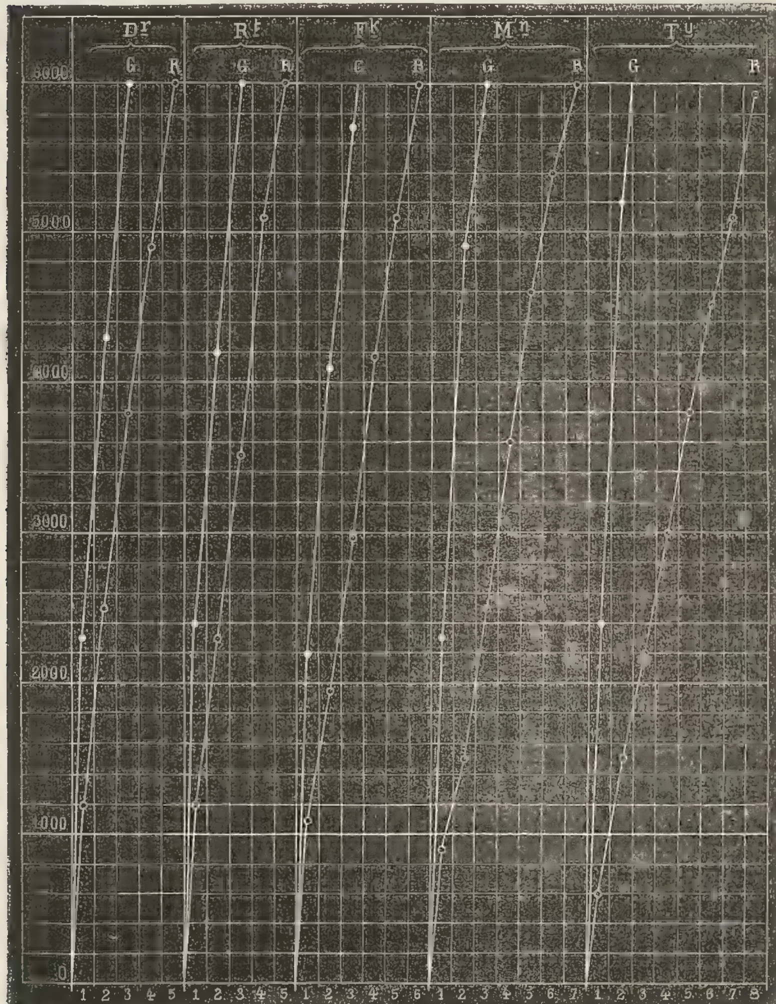


Fig. 4. — Tableau montrant l'augmentation de la capacité respiratoire sous l'influence d'un exercice violent, chez cinq sujets différents. Chaque courbe pleine G exprime le nombre d'expirations nécessaires pour remplir au repos le récipient du spiromètre (6 litres 4 décilitres); chaque courbe R correspond au nombre d'expirations employées pour fournir le même volume d'air après l'exercice. On a pointé les chiffres atteints à la fin de chaque expiration. Le fait essentiel qui se dégage de ces courbes exprimant la moyenne de quarante essais, c'est que les mouvements respiratoires sont beaucoup plus amples après l'exercice qu'auparavant. (Laboratoire de M. Marey.)

traînés, les autres ne se livrant pas aux exercices gymnastiques, pour

s'assurer que chez les premiers la capacité respiratoire est beaucoup plus considérable que chez les autres.

Pour faire cet examen avec toute la sûreté désirable, il faut faire en quelque sorte l'éducation de la respiration. On doit s'exercer à emmagasiner par une profonde inspiration la plus grande quantité d'air possible dans sa poitrine, en relâchant les vêtements qui pourraient gêner l'ampliation du thorax. De même, il faut savoir expirer le maximum possible de l'air inspiré ; il reste toujours dans le poumon, même après les expirations les plus complètes, une certaine quantité d'air, ce qu'on appelle l'*air résidual* (Hutchisson) ; c'est précisément cet air résidual qu'il faut réduire au minimum.

Si, donc, on compare des sujets sachant également inspirer et expirer, on s'aperçoit que la capacité respiratoire de ceux qui sont entraînés est beaucoup plus grande.

Cette augmentation de la capacité respiratoire acquise par l'exercice gymnastique dépend-elle surtout, comme on le croit communément, de l'ampliation de la cage thoracique dans le sens transversal et dans le sens antéro-postérieur ? Quand on voit un homme à large poitrine, développé par l'exercice musculaire, on a quelque tendance à supposer que si la capacité respiratoire est augmentée, il le doit aux dimensions accrues de son thorax. Mais il faut bien se rendre compte de ce fait, que l'ampleur apparente de la poitrine résulte beaucoup plus de l'augmentation du volume des masses musculaires, grand dorsal, grand pectoral etc., que d'une véritable augmentation de capacité de la cage thoracique elle-même. De sorte qu'on tomberait dans une grave erreur si l'on croyait pouvoir suivre le développement de la *capacité* thoracique en mesurant le *périmètre* du thorax. Sans doute, il doit y avoir, et il y a un rapport entre l'accroissement de volume et de puissance des muscles qui s'insèrent sur le thorax et l'ampliation des diamètres de la cage thoracique elle-même ; sans doute encore, un sujet dont les muscles thoraciques ont gagné en vigueur est capable d'exécuter, d'une manière habituelle, des mouvements respiratoires plus énergiques. Mais si sa capacité respiratoire est augmentée d'une manière véritablement notable, ce n'est vraisemblablement pas à l'accroissement des diamètres antéro-postérieur et transversal du thorax qu'il le doit.

M. Marey, auquel nous exposions les réflexions qui précèdent, nous fit très-justement remarquer que l'augmentation de la capacité respiratoire s'obtenait surtout et presque exclusivement par une excursion plus étendue du diaphragme.

En effet, l'une des premières conséquences de l'entraînement gymnastique régulier, c'est de produire l'affaissement de l'abdomen. Plusieurs causes peuvent déterminer ce résultat : tout d'abord, la graisse des parois abdominales et celle des replis du péritoine diminue considérablement ; d'autre part, les parois abdominales, devenant plus puissantes, acquièrent une force de tonicité permanente beaucoup plus grande, maintiennent mieux les viscères abdominaux, et agissent particulièrement pour empêcher le développement gazeux de se produire dans l'estomac et le gros intestin au même degré qu'auparavant.

Par conséquent, la cavité abdominale, moins surchargée de graisse, moins distendue par des gaz, se prête beaucoup mieux au jeu du diaphragme. Celui-ci peut exécuter de grandes excursions sans subir des temps d'arrêt de la part des viscères de l'abdomen.

Veut-on la contre-épreuve de ce qui précède ? Il suffit de faire un repas un peu copieux pour restituer momentanément les conditions premières d'une faible capacité respiratoire : on a, dans cette expérience, surchargé de liquide et de gaz la cavité de l'estomac, d'où gêne considérable aux mouvements du diaphragme. Les dyspeptiques connaissent bien ce phénomène si pénible du gonflement de l'abdomen et de la gêne respiratoire qui en est la conséquence.

Donc, c'est surtout aux dépens de la cavité abdominale, c'est-à-dire grâce à l'augmentation très-notable du diamètre vertical du thorax, qu'augmente la capacité respiratoire chez les sujets entraînés.

CHAPITRE III

CONSIDÉRATIONS SUR LES EFFETS PRODUITS DANS LES MUSCLES PAR L'ENTRAINEMENT GYMNASTIQUE

Développement des muscles en volume et en puissance. — Modifications circulatoires dont ils sont le siége pendant et après les contractions. — Rapports de ces modifications circulatoires et du développement des muscles. — Différentes qualités du tissu musculaire.

C'est un phénomène banal que le développement des muscles soumis à un exercice soutenu : chacun sait que l'augmentation de volume des muscles est la conséquence forcée du travail imposé à ces muscles.

Nous ne pensons pas cependant qu'il soit tout à fait inutile de revenir sur quelques points de cette question.

Et, tout d'abord, connaissons-nous bien le mécanisme en vertu duquel un muscle exercé augmente de volume? Nous savons que cette augmentation de volume est due à la multiplication des fibres musculaires ou, pour mieux dire, à la formation de nouvelles fibres qui viennent se surajouter à celles qui existaient déjà. Mais quel rapport y a-t-il entre l'exercice imposé au muscle et son développement.

On répond d'ordinaire à cette question en invoquant ce fait physiologique commun à tous les organes, que leur développement est lié à leur exercice fonctionnel, tandis que l'atrophie est la conséquence de leur inaction. On cite l'exemple des glandes qui s'atrophient quand elles ne peuvent plus fonctionner, par exemple à la suite de la ligature de leurs canaux excréteurs; et leur développement quand elles sont au contraire le siége d'une actiivité fonctionnelle fréquemment répétée. On rappelle l'exemple du muscle cardiaque qui s'hypertrophie quand

un surcroît de travail lui est imposé (retrécissement aortique, athérome artériel). Mais ce ne sont pas là des explications; ce sont des constatations de faits.

La physiologie nous permet-elle de pénétrer plus avant dans la nature des rapports qui existent entre l'augmentation de volume des muscles et l'exercice qu'on leur impose ?

Tout en reconnaissant d'avance qu'il est impossible à l'heure actuelle de fournir une solution satisfaisante de cette question, nous croyons cependant devoir indiquer le sens général dans lequel l'étude dont il s'agit peut être poursuivie.

Le point essentiel est de chercher tout d'abord à savoir quelles sont les modifications circulatoires qui se produisent dans les muscles pendant leur contraction soutenue et violente, ainsi que dans les périodes de repos consécutif.

§ 3. — Circulation musculaire.

Nous sommes ainsi amené à jeter un coup d'œil sur la circulation musculaire, et, tout en réduisant cet examen à ses points essentiels, nous distinguerons dans la modification circulatoire qui nous intéresse, trois périodes successives : 1° la période de contraction ; 2° la période de repos immédiatement consécutive à la contraction ; 3° la période d'état.

1° *Circulation dans le muscle pendant sa contraction soutenue.*

De nombreuses recherches ont été déjà faites sur ce sujet, et il nous suffit de rappeler les travaux considérables de Ludwig et Schmidt, de Cl. Bernard, de Sadler, etc.

De toutes ces expériences, il résulte que, pendant une contraction énergique, le muscle comprime les vaisseaux qui le traversent, mais conserve dans ses interstices fibrillaires une provision de sang suffisante à l'entretien de ses phénomènes nutritifs pendant la contraction. Souvent même on constate, comme l'a vu Ranvier sur les muscles striés à fibres rouges, certaines dispositions des réseaux capillaires qui paraissent favorables à la conservation d'une masse de sang assez considérable dans le muscle : ce sont des dilatations ampullaires placées sur les

arcades transversales des réseaux scalariformes des fibres musculaires. Cl. Bernard insistait dans ses cours sur l'avantage de cette disposition.

On sait encore que, *pendant la contraction* du muscle, le sang qui en sort est extrêmement noir, c'est-à-dire qu'il a cédé au tissu une quantité aussi grande que possible d'oxygène et s'est surchargé d'acide carbonique.

La nécessité de la présence du sang dans le muscle pendant sa contraction même est démontrée par le fait qu'un muscle anémié ne tarde pas à perdre ses propriétés contractiles, pour les recouvrer dès que le sang lui est rendu. Ce fait est de toute évidence dans les expériences sur les animaux chez lesquels il a été suivi jusque dans les plus grands détails (1) ; mais il est aussi très-facile à mettre en pleine évidence sur soi-même. Il suffit, par exemple, de comprimer l'artère humérale pendant qu'on serre vigoureusement un objet ou qu'on exerce sur le dynamomètre le maximum d'efforts possible. Au bout de quelques secondes, l'effort commence à devenir moins intense et on est bientôt obligé de le suspendre ; l'impuissance musculaire suit de près l'anémie du muscle.

A plus forte raison en est-il ainsi quand, au lieu de comprimer seulement l'artère principale du membre, on soumet les muscles à une anémie complète avec la bande d'Esmarch : ici l'incapacité d'exercer un effort, même léger, avec la main du membre anémié est complète, et arrive en un temps beaucoup plus court.

La présence du sang dans le muscle pendant sa contraction est donc indispensable à l'exercice même de la fonction musculaire. Ce sang est comme emmagasiné dans le muscle qui se contracte, les veines musculaires étant comprimées et ne pouvant donner passage au sang. Mais la même influence s'exerçant sur les artérioles musculaires, le muscle ne reçoit pas de sang nouveau pendant toute la durée d'une contraction soutenue. Il fonctionne aux dépens du sang qui reste accumulé dans son tissu, et, comme on le sait, ce sang ne tarde pas à devenir impropre à entretenir les phénomènes nutritifs dans la fibre musculaire. Aussi la contraction ne peut-elle, pour cette cause entre autres,

(1) Marey. *Du Mouvement dans les fonctions de la vie.* 1868. — *La Machine animale.* (Bibl. scient. internation. 1872 — Mendelssohn. *Période d'excitation latente du muscle.* Trav. du Lab. de Marey, t. IV. 1878-79.)

durer au delà d'un temps assez court, variable du reste suivant les individus.

On peut donc dire, pour résumer ce qui se passe dans le muscle *pendant ses périodes de contraction soutenue*, qu'en réalité la circulation y est suspendue, et que les phénomènes nutritifs s'accomplissent aux dépens de la provision de sang conservée dans le muscle, grâce à la compression des veines.

2° *Circulation dans le muscle pendant une série de contractions intermittentes.*

L'état de la circulation intra-musculaire est tout différent quand, au lieu de rester en état de tétanos pendant un certain temps, le muscle exécute des mouvements de contraction et de relâchement alternatifs.

Si, pendant une phase de contraction suffisamment énergique, le muscle cesse d'être traversé par le courant sanguin, au contraire, dès que le relâchement se produit, le sang accumulé à l'intérieur du muscle sous forte pression, s'en échappe avec rapidité par les veines redevenues perméables ; en même temps du sang nouveau afflue en abondance par les artères qui peuvent se vider librement dans les veines musculaires par l'intermédiaire des capillaires décomprimés.

Il se produit même, pendant la phase de relâchement qui succède à la contraction, un afflux sanguin considérable qui détermine, comme nous le verrons tout à l'heure, un état congestif très-notable des muscles.

Quand une seconde contraction succède au relâchement, puis un nouveau relâchement à cette seconde contraction, les mêmes alternatives de ralentissement et d'accélération du courant sanguin se reproduisent, et ainsi de suite, pendant tout le temps que durent les mouvements successifs.

La conséquence générale de ces mouvements alternant avec des relâchements du muscle, c'est que la circulation aura été en définitive très-notablement activée dans le muscle, pendant tout le temps qu'auront duré ses mouvements.

3° *État de la circulation dans le muscle pendant le repos prolongé qui fait suite aux contractions.*

Si maintenant nous considérons les modifications produites dans la circulation du muscle au repos après une série de contractions soute-

nues ou intermittentes, nous pouvons facilement nous assurer que ce muscle reste congestionné pendant un temps assez considérable. En effet, à la suite d'un exercice musculaire, les muscles, même ceux dont la circulation n'est pas entravée par l'action et la pesanteur, présentent un gonflement très-notable ; ils sont beaucoup plus résistants à la palpation sans qu'on puisse reconnaître une autre cause à ces modifications qu'un véritable état congestif.

En effet, il ne saurait y avoir encore de gonflement du muscle par addition de nouvelles fibres musculaires, puisqu'on observe ce phénomène dès les premiers exercices gymnastiques, avant que le muscle lui-même ait eu le temps de se développer. De plus, si on ne renouvelle pas les exercices, le muscle diminue rapidement de volume, et en quelques heures, une journée au plus, il peut revenir à son état initial.

Le caractère transitoire de cette modification implique donc l'existence d'un état circulatoire passager lui-même, d'une congestion *post-motum*, si l'on peut ainsi dire.

§ 4. — Rapports entre l'état congestif habituel du muscle et son développement.

Il faut compter avec cet état congestif du muscle, fréquemment renouvelé par des exercices répétés, pour expliquer le développement graduellement croissant du muscle lui-même. Sans reprendre ici les raisons si souvent exposées du rapport entre l'état congestif et l'état hypertrophique, nous nous contenterons de signaler la justesse de cette vue bien classique et de l'appliquer au cas particulier du muscle. Les matériaux nutritifs affluent en plus grande abondance dans ce tissu congestionné dans lequel s'accumule à la suite des contractions une quantité surabondante de sang.

Mais il est, d'autre part, bien certain que les phénomènes congestifs sont loin d'être seuls en cause. Nous pouvons en effet provoquer dans nos muscles des modifications circulatoires identiques en exécutant des mouvements à vide pour ainsi dire ou bien en imposant à ces muscles un véritable travail à accomplir. Or, dans le premier cas, le développement musculaire est nul, ou insignifiant; dans le second, quand le muscle travaille, il gagne au contraire rapidement en volume.

Si donc, il y a lieu de considérer comme ayant une certaine valeur au point de vue du développement musculaire l'état congestif habituel du muscle, nous avons la certitude que cette condition est loin d'être suffisante : on peut l'envisager comme jouant le rôle d'une modification utile, mais accessoire.

§ 5. — Rapport entre le développement du muscle et le travail musculaire.

Le facteur essentiel au point de vue du développement du muscle en volume par addition de fibres musculaires nouvelles, est assurément le travail imposé à ce muscle.

La contraction répétée, si intense qu'elle soit, si elle ne s'accompagne pas de travail produit, ne détermine pas l'hypertrophie physiologique du tissu musculaire.

Prenons le cœur pour exemple : dans les conditions normales, son travail est peu considérable, par rapport à la force dont il dispose ; ou, pour mieux dire, le travail à effectuer et la force disponible du muscle cardiaque sont dans un rapport tel que le cœur reste, malgré la fréquente répétition de ses actes mécaniques, dans les mêmes conditions de nutrition. Mais, que ce rapport vienne à être modifié, le facteur travail s'exagérant, nous voyons, et très-rapidement, le muscle cardiaque s'hypertrophier. C'est le cas de l'athérome artériel, dans lequel la perte d'élasticité des artères constitue une cause de résistance considérable au-dessus du cœur, comme l'a si bien montré M. Marey. C'est encore le cas du rétrécissement aortique qui agit dans le même sens. A partir du moment où se constitue la lésion artérielle, c'est-à-dire l'augmentation du travail du cœur, le muscle cardiaque suit dans son développement la marche croissante des résistances qui lui sont opposées. Aussi voit-on toujours coïncider l'hypertrophie du ventricule gauche avec l'athérome artériel et le rétrécissement aortique.

De même, quand nous imposons à nos muscles un travail régulièrement croissant, nous les voyons graduellement augmenter de volume et acquérir une puissance qui est, sauf les réserves que nous aurons à faire bientôt, proportionnelle à leur développement.

Tels sont les faits. Mais par quelles relations s'établit cette propor-

tionnalité entre le développement du tissu musculaire et les résistances qu'on oppose à ses contractions? Nous avons vu que les modifications circulatoires étaient insuffisantes à expliquer cet effet du travail musculaire sur l'exagération des phénomènes nutritifs dans le muscle; à l'heure actuelle, aucune donnée physiologique précise ne peut être invoquée ici pour rendre compte du fait dont il s'agit. On ne pourrait proposer que des hypothèses sans fondement suffisant, invoquer la mise en jeu d'actions nerveuses trophiques insaisissables : il vaut mieux déclarer nettement que nos connaissances se bornent à la notion du fait lui-même, et ne point hasarder d'explications sans fondement.

§ 6. — Des différentes qualités du muscle.

Dans ce qui précède nous n'avons envisagé que le développement du muscle en volume, produit par l'acquisition de fibres musculaires nouvelles, et il semble résulter des considérations qui ont été exposées que toute la question se réduise à obtenir une hypertrophie musculaire, grâce au travail imposé au muscle. Telle n'est pas cependant notre pensée, ou du moins croyons-nous nécessaire d'émettre ici certaines réserves.

Quand un sujet jouissant d'un embonpoint modéré se soumet à l'entraînement gymnastique, le premier effet de cet entraînement se révèle par la diminution de la graisse, aussi bien sous la peau que dans les interstices musculaires.

En un mot, le sujet maigrit, mais en même temps sa puissance musculaire augmente. A cette première période, on ne peut pas dire que réellement le muscle ait acquis, en tant que muscle, un volume plus considérable, et cependant le progrès est déjà manifeste au point de vue de la puissance musculaire. Il paraît donc bien certain que la fibre musculaire a acquis des propriétés nouvelles, par le fait seul de l'exercice. Sa structure intime s'est-elle modifiée? Ses propriétés physiques d'élasticité et d'extensibilité se sont-elles perfectionnées? Nous n'en pouvons rien savoir, mais assurément le muscle s'est modifié dans sa puissance contractile. D'autre part l'appareil nerveux, annexé au muscle, a peut-être aussi perfectionné son fonctionnement, l'organe auquel il

commande ayant été utilement employé au lieu de rester comme aupa ravant à l'état de repos absolu. Enfin l'individu lui-même a appris à se servir de ses muscles; il sait mieux en appliquer l'action; il exerce une influence directrice beaucoup plus intelligente sur ses instruments de travail.

Faut-il ajouter maintenant que, par nature, certains sujets sont plus aptes que les autres à se servir utilement de leurs muscles, et que tous les muscles ne se ressemblent pas au point de vue de l'énergie fonctionnelle? On voit tous les jours des individus dont le système musculaire ne présente aucun développement exagéré capable de fournir des efforts assez considérables. Mais c'est généralement dans les mouvements d'attaque, dans les *à-coup*, quand les muscles agissent avec brusquerie, et un temps très-court, que cette puissance de muscles relativement grêles se manifeste. Qu'on leur demande un travail énergique et soutenu, ils en sont incapables. Ici apparaît la valeur du muscle volumineux, rendu tel par l'exercice réglé. C'est précisément parce que l'expérience nous a appris que les muscles qui ont acquis à la fois la puissance et le volume sont seuls capables de fournir un travail à la fois énergique et soutenu, que nous avons autant insisté sur la nécessité d'un entraînement propre à leur donner ces aptitudes.

§ 7. — Considérations spéciales sur le développement des muscles du thorax et du membre supérieur.

De tous les systèmes d'organes, le système musculaire occupe dans l'économie la place la plus étendue et présente le poids le plus considérable. D'après M. Sappey, il forme à lui seul les deux cinquièmes de la masse totale du corps chez l'homme adulte bien constitué. Mais ces muscles, qui peuvent acquérir chez certains sujets et sous l'influence de l'exercice, un volume véritablement extraordinaire, eu égard à la taille et au poids de l'individu, s'atrophient complétement lorsqu'ils sont soumis à un repos prolongé. Cette disparition du muscle sous l'influence de l'inaction est considérable. Elle porte principalement sur les muscles du cou, de la poitrine et des bras; en effet, ce sont ces diverses parties qu'on exerce le moins, lorsqu'on ne se soumet pas

à un entraînement gymnastique régulier. Les muscles des membres inférieurs, au contraire, conservent toujours un certain développement; nous l'avons observé maintes fois, soit à l'hôpital, chez des sujets qui y entraient pour se faire soigner de maladies aiguës, soit au gymnase, chez ceux qui, par parti pris, n'exerçaient que les muscles du thorax, ou chez ceux qui débutaient dans les exercices gymnastiques. Cette disproportion entre la musculature des parties supérieures et inférieures du corps, tient à ce fait que dans notre civilisation, malgré la répugnance qu'on a pour les exercices physiques, on est cependant forcé, le plus souvent, de se servir de ses jambes.

Rarement, de nos jours, le thorax arrive à un développement complet et régulier. Cela ne tient pas seulement au manque d'exercice. Le mal vient de plus haut. Tout le monde reconnaît aujourd'hui l'influence détestable du corset trop serré chez la femme. La poitrine comprimée n'arrive jamais à ses dimensions normales. Les muscles restent toujours grêles et atrophiés. Or, ce vice de développement venant de la mère se transmet au fœtus. C'est ce qui fait qu'on voit rarement aujourd'hui des hommes à poitrine large et bien développée, et par suite la musculature thoracique est toujours faible. Ce sont tous ces motifs réunis qui nous ont engagé à étudier plus spécialement les muscles de la poitrine et des membres supérieurs. Nous allons nous livrer à quelques considérations générales à leur égard; nous allons essayer de montrer ce qu'il faut entendre véritablement en hygième par hypertrophie des muscles sous l'influence de l'exercice, et la valeur qu'il faut attacher à la diminution du tissu cellulo-graiseux et à la congestion dont ils sont le siége.

Il y a plusieurs points à considérer dans l'influence de l'exercice gymnastique sur le développement des muscles. En effet, un muscle peut paraître plus gros : soit parce qu'en réalité les fibres sont hypertrophiées ou augmentées de nombre, soit parce que la graisse a diminué, ce qui le rend plus saillant à l'œil qui le juge beaucoup plus volumineux qu'il n'est en réalité, soit parce qu'il contient une plus grande quantité de sang due à une congestion active et à une réplétion veineuse. Le premier effet de l'entraînement méthodique et régulier c'est de diminuer la graisse qui est accumulée sous la peau et sous l'aponévrose. Chez certains sujets, ce résultat est frappant au bout d'un mois, et la mensura-

tion démontre que le muscle est resté le même et que ce n'est que la peau pour ainsi dire qui a fonctionné. Ainsi un bras mesurant, par exemple, 36 centimètres n'a plus que 35 après un certain temps. Toutefois il est bon d'ajouter que la mensuration doit être faite dans l'intervalle de l'exercice, pour que la congestion, inévitable à ce moment là, ne fasse pas croire à une augmentation qui n'existe pas en réalité. Il y a même toute une catégorie de sujets, ayant naturellement une musculature puissante, mais beaucoup de graisse sous la peau, qui n'arrivent jamais à s'en débarrasser complétement. Ceux-là s'entraînent difficilement et ont peu de disposition aux exercices physiques. Leurs muscles sont peu saillants et mal détachés, quoique très-gros, et l'exercice, même longtemps prolongé, ne semble pas avoir une grande influence sur eux. C'est ce qui constitue le tempérament athlétique que l'on cherchait autrefois à développer à l'aide d'une nourriture et d'exercices spéciaux. Galien nous dit que les athlètes mouraient presque tous jeunes, qu'ils étaient tous gros et gras et qu'ils avaient tant de sang que leur « âme était noyée comme dans un bourbier.» Toutefois, comme c'étaient des individus de haute taille et d'une vigueur extraordinaire, la sculpture, voulant idéaliser la force, nous les a reproduits avec des formes qu'ils n'avaient certainement pas. On empruntait le type, la musculature qu'on leur donnait, aux gymnastes dont tous les muscles faisaient un relief très-marqué sous la peau. En effet, ces derniers cherchaient seulement à obtenir la beauté des formes et le relief musculaire qu'ils ne pouvaient certainement gagner qu'en se soumettant à un certain entraînement qui les empêchait de devenir gras. Nous choisirons donc, comme sujets de nos études, surtout, ces individus qui, ayant subi une véritable éducation gymnastique prolongée et régulière, ont vu au bout d'un certain temps toute leur graisse disparaître et leurs muscles s'hypertrophier : ceux-là nous rappellent en quelque sorte les gymnastes d'autrefois.

Ce que je viens de dire était à mon sens très-important à établir, car cela va nous permettre de voir dans quelle mesure le muscle augmente par suite du travail. J'ai dit que le premier effet des contractions musculaires répétées était de diminuer le tissu cellulo-graisseux. Mais cette disparition ne se fait pas également et de la même manière aux bras qu'au thorax. Cela revient à dire que la peau est inégalement doublée

de tissu cellulaire dans ces différents points. Ainsi, au bras, surtout au niveau de sa face antérieure, la peau est extrêmement mince, une des raisons pour lesquelles elle glisse facilement sur les parties sous-jacentes ; c'est pour cela qu'on choisit le biceps pour étudier l'effet de l'entraînement, car les premiers résultats s'y montrent avec une netteté frappante justement à cause de cette disposition spéciale. Au niveau des pectoraux, au contraire, la peau est épaisse ; aussi faut-il beaucoup plus de temps pour voir la graisse diminuer et le muscle augmenter de volume. Le second effet que l'on observe dans un muscle qui travaille c'est sa congestion. Cet effet est immédiat et facile à apprécier. Il est variable, selon les individus. Au début du travail, notre bras avait, par exemple, 37 centimètres de circonférence, l'avant-bras fléchi sur le bras, le biceps contracté ; au bout d'un quart d'heure, on trouvait 38 et même 39. Pour l'avant-bras, le phénomène est le même ainsi que pour les muscles du thorax, seulement pour ceux-ci la mensuration ne peut que difficilement être pratiquée. Tandis que le muscle est ainsi congestionné, si on élève le bras en l'air, pendant quelques minutes de manière à vider les veines, on remarque qu'il diminue de volume, mais cependant ce volume est toujours supérieur à celui qu'il avait avant de se contracter.

CHAPITRE IV.

Variations de la température profonde sous l'influence de l'exercice musculaire. — Température de l'air expiré. — Vapeur d'eau en quantité considérable dans l'air expiré. — Comparaison des températures superficielle et profonde; thermographie. — Rôle de la sueur et de l'exhalation aqueuse par le poumon dans la régulation thermique.

Nous n'avons pas l'intention d'aborder ici une étude complète de l'influence que peut avoir l'exercice musculaire sur la température de l'individu. Nous voulons seulement indiquer le sens de la question et résumer les résultats des expériences que nous avons faites sur ce sujet.

Le point qui nous intéresse davantage est de chercher si un sujet non soumis à l'entraînement par la gymnastique ne subit pas de variations thermiques beaucoup plus considérables qu'un autre qui se sera habitué aux exercices du corps et chez lequel les modifications circulatoires et respiratoires étant moins considérables, les modifications thermiques peuvent aussi être moins accusées.

Le premier procédé qui s'offrait à nous pour étudier la question était l'exploration thermométrique des parties profondes (bouche ou rectum), en laissant complétement de côté l'exploration axillaire, défectueuse dans tous les cas, mais tout spécialement dans celui-ci en raison des variations de la sécrétion sudorale.

En explorant la température profonde, nous voyons, sans entrer ici dans le détail des expériences, que cette température s'élève notablement chez un sujet entraîné ou non qui fait un exercice un peu violent comme une course rapide pendant quelques minutes.

Sommes-nous pour cela autorisé à admettre que ces sujets *fabriquent* une quantité de chaleur exagérée? Le fait est très-vraisemblable; mais nous ne sommes pas en mesure de l'affirmer de par le simple examen de la température profonde : celle-ci, en effet, est influencée par la tem-

pérature périphérique et nous ne sommes pas renseignés au sujet de cette dernière.

Peut-être tirerions-nous quelques renseignements plus précis en cherchant si le sang qui traverse le poumon a augmenté de température. Nous avons pour cela un procédé indirect que nous indiquerons sommairement.

M. le professeur Marey a signalé, dans son cours de 1879-1880 sur la chaleur animale, la possibilité d'étudier, à l'aide de moyens nouveaux, la température centrale dans des conditions variées.

Au lieu d'introduire un thermomètre dans les cavités naturelles, M. Marey a pensé qu'on pourrait amener, pour ainsi dire, à l'extérieur la température profonde, en explorant la température de l'air expiré. (Cette tentative est de même ordre que celle de Mosso et autres expérimentateurs qui ont étudié la température de l'urine au moment même de son émission pour apprécier la température profonde.)

On ne devait pas songer à obtenir l'indication absolue de la température du poumon en mesurant celle de l'air expiré, mais seulement chercher à comparer, dans des états circulatoires variés, la température de cet air pour savoir s'il était *plus ou moins réchauffé au contact du poumon.* C'est dans ce but que M. Marey conseillait de faire une série d'expirations dans un tube de verre de gros calibre, aussi bien préservé que possible contre les déperditions de calorique par une épaisse enveloppe de ouate. Un thermomètre placé au centre du tube, sur le trajet de l'air expiré, s'élève progressivement jusqu'à un certain maximum pour un nombre d'expirations déterminé.

Si on note ce degré maximum en faisant l'expérience pendant une période de repos complet, on peut comparer au degré ainsi obtenu celui qu'on atteint en faisant le même nombre d'expirations après un exercice violent. Si, dans ce dernier cas, la température partant du même point arrive à un chiffre plus élevé, c'est que, selon toutes probabilités, l'exercice musculaire aura provoqué une augmentation dans la *production* de chaleur : cet excès de fabrication du calorique s'accusant par une élévation de la température du poumon traversé par le sang qui s'est échauffé au sein des organes, l'air qui sort de ce poumon devra en effet arriver à l'extérieur avec une température plus élevée.

Voilà ce qu'indique la théorie si l'on ne considère qu'un seul côté de la question : en admettant que toutes les conditions restent constantes dans les deux expériences qu'il s'agit de rapprocher, on devrait pouvoir conclure du degré thermométrique atteint dans chacune d'elles à la température actuelle du poumon, en d'autres termes à la température du sang qui traverse cet organe.

Mais un nouveau facteur intervient quand on répète l'expérience à la suite d'un exercice violent : *l'air expiré qui était relativement sec, se surcharge de vapeur d'eau.* Aussi voit-on, à l'inverse de ce qu'on pouvait attendre, la température s'élever beaucoup moins après l'exercice qu'à l'état de repos.

Dans les expériences que nous avons faites avec M. François Franck sur ce sujet, nous voyons par exemple que le thermomètre échauffé par l'air expiré, partant dans les deux cas d'une température initiale de 25 degrés, s'élève quand on est au repos à 30 et 32 degrés, et ne dépasse pas 27, 28 degrés après la course.

Cette différence considérable s'explique facilement si l'on songe qu'après la course la grande quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air expiré, se dépose à la surface du thermomètre et que chaque nouvelle expiration produit une évaporation très-active de l'eau condensée sur le thermomètre, par suite tend à en faire baisser les indications pour cette raison, tandis qu'elle tend d'autre part à augmenter la température indiquée. L'influence de l'évaporation est dans ce cas assez considérable pour contrebalancer presque complétement l'effet de réchauffement produit par le contact de l'air expiré avec le thermomètre.

A la cause d'abaissement de la température indiquée par le thermomètre et que nous venons de signaler, vient s'en joindre une autre : la différence de volume d'air poussé dans le tube pendant le même temps après la course. Nous savons en effet que le plus souvent, chez des sujets non entraînés, l'exercice violent est suivi d'une grande irrégularité des mouvements respiratoires et que ces mouvements fréquents, incomplets, superficiels, ne déplacent, chacun, qu'un volume d'air beaucoup moindre qu'à l'état de repos. Mais il était facile d'obvier à cette cause d'erreur en s'assurant, au moyen de la spirométrie, qu'un même volume d'air total était poussé dans le tube d'expiration.

Nous avons donc fixé au tube du spiromètre de Galante (fig. 3) le tube dans lequel se faisait l'expiration ; nous avons noté la température maxima atteinte dans les deux conditions opposées où nous étions placés, en nous préoccupant, non pas du nombre des respirations qui ne sont point comparables entre elles, mais du volume d'air total expiré dans le même temps.

C'est ainsi que nous avons procédé dans les expériences qui nous ont donné les résultats indiqués plus haut, à savoir que pour un volume d'air donné, l'air expiré fait monter le thermomètre beaucoup plus haut à l'état de repos qu'après un exercice musculaire violent : la cause de cette différence s'explique, comme nous l'avons vu, par la présence d'une quantité considérable de vapeur d'eau dans l'air expiré après la course.

Ces expériences ne permettent donc point de dire si le sang est plus ou moins chaud après l'exercice musculaire qu'à l'état de repos. Il faudrait, pour arriver à une solution avec ce procédé d'études, être en mesure de déterminer la valeur de la soustraction de calorique opérée dans le poumon par sa formation de la vapeur d'eau, recherche qui est entourée d'un trop grand nombre de difficultés pour que nous ayons eu la pensée de l'aborder.

Ce n'est donc point à l'aide des méthodes thermométriques directes (thermométrie buccale ou mieux rectale) ou indirectes (thermométrie de l'air expiré) que nous pouvons arriver à la solution de cette question : *l'individu qui fait un exercice musculaire violent fabrique-t-il réellement plus de chaleur que celui qui est au repos, et s'il en fabrique davantage ne subit-il pas des déperditions qui compensent ces excès de production?*

Nous approcherons davantage de la solution cherchée en combinant l'exploration de la température profonde (rectale ou buccale) avec celle de la température superficielle (paume de la main, par exemple).

Voici ce que nous pouvons supposer *à priori*, avant de consulter l'expérience.

Si, à l'état de repos, la température profonde est par exemple de 38° et celle de la paume de la main de 28, nous présentons un certain régime de chaleur dans lequel la production de calorique est maintenue dans

une certaine limite par un degré déterminé de déperdition périphérique.

Mais faisons un exercice violent ; deux cas peuvent se présenter :

1° *Si la fabrication de chaleur n'augmente pas tandis que la déperdition s'exagère*, nécessairement il se produit un abaissement de la température centrale : par exemple, la circulation périphérique devenue plus active, jettera aux surfaces une quantité surabondante de la chaleur profonde, et nous verrons la température de la paume de la main s'élever à 35 tandis que la température profonde s'abaissera, je suppose, à 36.

2° *Si la fabrication de chaleur augmente en même temps que la déperdition s'exagère*, il se pourra que la perte de calorique par la surface cutanée et pulmonaire soit assez intense pour compenser l'excès de production. Dans ce cas, nous verrons la température profonde rester fixe à 38, tandis que la température superficielle augmentera et de 25° s'élèvera à 37, chiffre très-voisin de la température explorée dans la profondeur.

Ceci correspond *au cas idéal* d'une régulation absolument parfaite.

Mais plus vraisemblablement nous verrons la déperdition, quoique très-augmentée, ne pas compenser d'une façon aussi complète l'excès de production, et dès lors on observera un léger degré d'élévation de la température profonde, malgré la grande augmentation de la température périphérique.

Voyons maintenant ce que nous apprend l'expérience : si nous explorons simultanément la température superficielle et la température profonde, nous constatons qu'elles s'élèvent toutes les deux, mais la première beaucoup plus que la seconde.

Ainsi, tandis que la température rectale, de 37,5 au repos, passe à 38,5, après l'exercice de la course, gagne 1 degré par conséquent, la température de la peau s'élève de 35° à 36° dans une région non mouillée de sueur.

Par conséquent, il se produit une tendance manifeste à la déperdition excessive du calorique par les surfaces' et malgré cette cause d'abaissement la température profonde augmente.

La conclusion c'est que, comme on devait le prévoir, *l'exercice musculaire violent produit une augmentation très-notable de calo-*

rique, laquelle est en grande partie compensée par l'exagération de la déperdition à la périphérie.

Pour mieux suivre ces variations centrales et périphériques, nous avons employé des appareils nouveaux, à indications continues, que M. le professeur Marey a bien voulu mettre à notre disposition. Ce sont des thermographes ou thermomètres enregistreurs que M. Marey a fait tout récemment construire et qui ont été présentés par lui à l'Académie des sciences en juin 1881.

Les appareils qui enregistrent automatiquement les variations de la température, ont pour but de substituer l'inscription directe des phases de ces variations aux pointages arbitraires à l'aide desquels on construit les courbes thermométriques.

Le thermographe consiste essentiellement en un tube de cuivre, aplati et contourné sur lui-même de façon à imiter le ressort des manomètres de Bourdon. La cavité extrêmement étroite de ce tube courbé en arc communique avec un long tube cylindrique de laiton, très-étroit également, et aboutissant à une ampoule de cuivre de 4 centimètres de longueur sur 4 millimètres de diamètre. Tout ce système est rempli de liquide (de pétrole ou d'huile). On comprend que si l'on soumet à un certain échauffement l'ampoule terminale de l'appareil, la dilatation du liquide se fera exclusivement sentir à l'autre extrémité de l'appareil, au niveau du tube-ressort. Celui-ci étant fixé par une de ses extrémités, celle qui est en continuité avec le reste de l'appareil se déroulera par sa partie libre. On utilise ce déplacement pour agir sur un levier amplificateur qui inscrit sur une plaque de verre enfumé.

On obtient ainsi une courbe thermographique qui peut être facilement évaluée en degrés et fractions de degrés thermométriques, pourvu qu'on ait au préalable établi l'échelle de l'appareil, c'est-à-dire évalué comparativement à l'échelle thermométrique la courbe qu'il trace en passant d'un degré à un autre.

Ces indications écrites par l'appareil explorateur des variations de la température ont sur les courbes, construites après coup, des avantages multiples très-évidents. Elles permettent surtout de suivre les phases des variations, sans aucune discontinuité, pour leurs rapports avec le temps.

Mais cette méthode a un autre avantage qu'il importe de signaler :

elle permet l'étude simultanée de deux ou plusieurs températures explorées en des points différents : il suffit pour cela de disposer, à côté l'un de l'autre, deux ou plusieurs thermographes qui sont mis en rapport l'un avec une région périphérique, l'autre avec une région profonde.

C'est précisément en employant cette exploration simultanée des parties superficielles et profondes avec les thermographes de M. Marey qu'il a été possible de saisir certains phénomènes transitoires, succédant immédiatement à l'exercice gymnastique, et que le thermomètre ne pouvait nous révéler.

Par exemple, dans une expérience faite par M. Franck sur moi-même, le 25 juin dernier, un thermographe fut placé dans la paume de la main, un autre dans la bouche, sous la langue, en prenant soin de respirer par le nez, sans diriger le courant d'air sur la partie libre du tube thermographique.

Cette double exploration a été faite d'abord à l'état de repos, ensuite après un exercice gymnastique violent (course de 10 minutes, par une température extérieure de 26 degrés).

Dans la première exploration, à l'état de repos, on voit que la température de la bouche et celle de la main marchent parallèlement, tout en conservant une différence qui exprime une supériorité de 6 degrés au profit de la cavité buccale.

Quand les courbes sont arrivées à l'état stationnaire, on interrrompt l'expérience pour faire l'exercice indiqué, et pendant ce temps-là les leviers des thermographes retombent à leur point de départ, en s'équilibrant tous les deux à la température du laboratoire.

Après 10 minutes de course, l'expérience est reprise et on assiste à l'ascension rapide de la courbe thermographique buccale, qui dépasse le niveau normal ; celle de la main au contraire n'arrive que beaucoup plus lentement qu'à l'état de repos à sa hauteur maxima (1).

Ce résultat montre d'abord que la température s'est élevée pour les

(1) D'autres expériences ont été faites par M. Mendelssohn dans le laboratoire de M. Marey, à propos du point qui nous occupe. Ce sont des recherches que M. Marey se propose de faire poursuivre pour ses études sur la locomotion et la gymnastique. Nous ne pouvons donc donner aujourd'hui qu'un court aperçu des premières tentatives faites dans ce sens, considérant qu'un plus grand nombre de recherches est nécessaire pour qu'on puisse tirer des conclusions précises.

parties profondes, ce que nous avait déjà montré le thermomètre, mais elle nous apprend de plus que, malgré l'activité très-notablement augmentée de la circulation dans les régions périphériques, la température *à la surface de la peau* s'est notablement abaissée sous l'influence de la course.

A quoi peut tenir ce résultat paradoxal en apparence ? on l'explique assez simplement en observant que l'exercice violent auquel nous nous sommes livré a provoqué une sudation très-abondante. Le liquide, ainsi amené à la surface de la peau, subit une évaporation rapide et se renouvelle incessamment, aussi les couches immédiatement sous-jacentes de la peau, celles dont le thermographe nous indique la température, présentent-elles un refroidissement notable.

Ce résultat n'est donc point surprenant, il est au contraire très-instructif. Nous voyons ainsi se manifester expérimentalement le rôle bien connu de la sueur qui intervient comme agent de réfrigération pour le sang échauffé dans les parties centrales et porté en abondance à la périphérie grâce à la dilatation générale des petits vaisseaux. Les physiologistes ont beaucoup insisté sur la signification de ces phénomènes vasculaires et sudoraux dans la régulation de la température. On trouve la question exposée, avec détails dans les Leçons de M. Vulpian, sur les *vaso-moteurs* (1875), dans la nouvelle édition de la *Circulation du sang* par M. Marey, et dans l'article *Système nerveux* publié par M. François-Franck, dans le *Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales.*

Nous terminerons cet exposé sommaire des variations de température dans les rapports avec la formation de la sueur, en intercalant ici une note qui nous a été remise par M. François-Franck, au sujet du rôle que remplit, d'une part, la fonction de la sueur à la surface de la peau, d'autre part, l'exhalation de vapeur d'eau par le poumon dans la régulation de la température après la gymnastique.

« L'exercice musculaire tend à produire et produit en effet une exagération de la température centrale. On comprend que les contractions énergiques et fréquemment répétées des muscles du corps tout entier s'accompagnent d'une fabrication considérable de chaleur. Le sang qui sort des muscles acquiert dans tous les points du corps une température élevée ; ce sang veineux, affluant de toutes les parties du corps dans

les gros vaisseaux de l'abdomen et du thorax, contribue puissamment à augmenter la température profonde. Indépendamment de cette cause de réchauffement central bien évidente, il est certain que de la chaleur se forme en excès dans les organes profonds parcourus par des courants sanguins plus rapides, dans le foie, par exemple. Toutes ces causes réunies concourent donc à élever au-dessus du degré physiologique la température des parties centrales.

« Pour lutter contre cette élévation de température anormale, un certain nombre de mécanismes entrent en jeu. On voit le cœur s'accélérer considérablement et lancer à travers le poumon une quantité exagérée de sang veineux fortement échauffé. Cette augmentation de rapidité de la circulation pulmonaire a pour effet d'amener au contact médiat de l'air extérieur, introduit dans le poumon, une plus grande quantité de sang dans un même temps : de ce côté, il y a donc déjà une cause de réfrigération. En même temps les vaisseaux périphériques se dilatent, et la quantité surabondante de sang qui se trouve ainsi portée vers la surface du corps est exposée aux déperditions de calorique et abandonne à la peau une partie de sa chaleur. Le sang qui rentre ensuite dans les régions profondes se trouve donc avoir perdu, au niveau de la surface pulmonaire d'abord, au niveau de la surface cutanée ensuite, une partie du calorique en excès.

« Mais des conditions adjuvantes de réfrigération interviennent au niveau du poumon, aussi bien qu'à la surface de la peau : non-seulement, en effet, dans ces deux points de l'organisme, une masse sanguine plus considérable vient abandonner à l'air libre une part importante de chaleur, mais il s'opère à travers les vaisseaux pulmonaires une exhalation énorme de vapeur d'eau, en même temps qu'une grande quantité de liquide est fournie par les glandes sudoripares.

L'exhalation aqueuse surabondante dans l'intérieur même du poumon est rendue évidente par une simple expérience qui consiste à comparer la teneur en vapeur d'eau de l'air expiré à l'état de repos et à la suite d'un exercice un peu violent. Il n'y a pas de doute sur ce point. La différence entre la quantité d'eau contenue dans l'air expiré qui traverse un tube rempli de ponce sulfurique, dans les deux conditions inverses qui précédent, est considérable.

« Le rôle que joue cette exhalation aqueuse est facile à comprendre. L'eau qui traverse les parois des capillaires du poumon se vaporise à mesure qu'elle s'exhale et il en résulte déjà une réfrigération manifeste. De plus, le courant d'air largement renouvelé dans le poumon favorise cette évaporation, et rend ainsi la réfrigération plus active. Il faut donc considérer comme très-importante dans la régulation de la température après un exercice gymnastique qui tend à produire un échauffement central exagéré, l'exhalation aqueuse, la transformation de l'eau en vapeur et l'évaporation rapide de cette eau dans le poumon.

« Si on rapproche ce qui se passe au niveau de la surface pulmonaire de ce qui se passe au niveau de la surface cutanée dans les mêmes conditions, on pourrait assimiler l'exhalation d'eau à la formation de la sueur, et dire, pour rappeler cette analogie, qu'il s'opère une *véritable sudation pulmonaire.*

« Du reste, le rôle considérable de l'exhalation aqueuse dans les poumons nous apparaît clairement, si nous considérons ce qui se passe chez les animaux qui ne suent pas, chez le chien, par exemple. Cet animal exsude par les bronches une quantité énorme de vapeur d'eau ; cette vapeur se condense en partie dans sa gueule, à la surface de sa langue, d'où on la voit s'écouler sous la forme de gouttes abondantes ; en même temps le chien tient la gueule largement ouverte, et développe la surface de la langue qui est le siége d'une évaporation abondante. De plus, il exécute de fréquents mouvements respiratoires, la gueule étant ouverte, et ventile ainsi énergiquement à la fois sa langue et son poumon.

« Pour pousser plus loin l'étude parallèle des effets de la sudation cutanée et de l'exhalation pulmonaire, il faut supprimer la première chez l'homme avec de petites doses d'atropine ou mieux de duboisine : nous verrons alors vraisemblablement exagérer l'exhalation pulmonaire par compensation ; mais il n'est pas vraisemblable que la suppression des effets réfrigérants de la sueur soit suffisamment compensée, aussi pouvons-nous nous attendre à observer une élévation de la température profonde plus considérable et plus durable que dans le cas où la sueur est possible. » (FRANCOIS FRANCK, *Communication orale.*)

CHAPITRE V

DE L'ENTRAINEMENT.

M. Royer-Collard a donné de l'entraînement une définition qui me semble très-exacte. « C'est, dit-il, un art puissant qui consiste à s'emparer en quelque sorte, du mouvement nutritif, à le diriger méthodiquement et dans un but déterminé, et à changer tantôt dans un sens, tantôt dans un autre la structure intime des organes. » Il a été employé non-seulement chez l'homme, mais aussi chez les animaux; chevaux de course, chiens et coqs de combat.

On devrait décrire autant d'entraînements qu'il y a d'exercices spéciaux, car dans chacun d'eux on cherche à obtenir le meilleur résultat : dans la course, vitesse sans essoufflement; dans la lutte, poids et résistance; dans le pugilat, insensibilité et sang-froid; dans la gymnastique, augmentation des muscles et décuplation des forces.

Tout entraînement repose sur deux conditions indispensables : la répétition à intervalles réguliers de l'exercice et le régime. Il est inutile de montrer la valeur du premier de ces moyens. Le second cependant est tout aussi important; le muscle est, on peut le dire, l'esclave du régime. Il faut varier l'alimentation selon l'effet qu'on veut produire. L'exemple des soldats de l'école gymnastique militaire le prouve surabondamment. Ces hommes ont tous la même nourriture et prennent, chaque jour, une quantité insuffisante d'aliments; aussi, malgré la fréquente répétition de leurs exercices leurs muscles mettent-ils beaucoup de temps à augmenter de volume.

C'est surtout en Angleterre que l'art de l'entraînement a été cultivé; mais on ne l'emploie dans ce pays qu'à faire des jockeys, des pugilistes et des coureurs. Or, je le demande, quel intérêt y a-t-il, au point de vue de l'hygiène, à réduire un homme à l'état de squelette en employant toutes

sortes de moyens souvent très-nuisibles à sa santé? Je flétris donc de toutes mes forces l'entraînement des jockeys. L'entraînement des pugilistes offre beaucoup d'intérêt, surtout dans un pays où la boxe est, pour ainsi dire, un jeu national. Il fortifie la santé et donne du courage ; mais développe-t-il les muscles du thorax et du bras : voilà la question intéressante.

La plupart des médecins s'imaginent qu'il suffit de faire un certain temps n'importe quel exercice, pour voir son biceps devenir plus gros et sa force augmenter. C'est une erreur. Il faut développer chaque muscle en particulier, par un exercice assidu, en vue du genre de force que l'on veut acquérir. Il faut, au début, répéter l'exercice souvent, le graduer, puis arriver peu à peu à ce que le travail produit soit le résultat d'une série d'efforts plutôt que l'effet d'une contraction peu énergique du muscle. Les paysans qui produisent beaucoup de travail, n'ont pas une belle musculature ; presque tous, au contraire, ont les muscles atrophiés ; cela tient à leur régime, qui est défectueux ; mais aussi à ce fait, que pour moins se fatiguer, ils évitent les efforts, en employant tous leurs muscles pour un mouvement qui nécessiterait seulement l'action de quelques-uns.

La boxe développe un peu le triceps brachial et l'avant-bras — surtout comme elle est enseignée en Angleterre; dans ce pays, en effet, les pugilistes frappent leur adversaire en produisant un mouvement brusque d'extension de l'avant-bras sur le bras. Tandis que chez nous, l'avant-bras est allongé par un mouvement d'extension moins vigoureux et poussé, pour ainsi dire, par les jambes qui font alors tout le jeu. — L'effort ne porte pas sur les mêmes muscles. Aussi tous les boxeurs français que j'ai examinés avaient-ils les bras grêles et le torse peu développé. Nous avons pu faire les mêmes observations sur nous. Donc, la boxe, en tant qu'exercice violent, peut bien faire maigrir un individu, l'habituer à mieux respirer, lui donner de l'assurance et du sang-froid, mais elle ne développe pas les muscles. Au sujet de la course, nous sommes obligés encore d'entrer dans quelques détails. Car, pour ainsi dire, tout est erreur dans cette difficile question de l'entraînement. La marche, le pas de gymnastique et la course en vitesse, qui ne sont que trois degrés d'un même mouvement, ont une action commune

sur les muscles du bras et du thorax. Ils empêchent ceux-ci de se développer; et, si par hasard, un sujet entraîné par la gymnastique cesse ses exercices, et fait de la course et de la marche pendant un mois, ses muscles thoraciques diminuent à vue d'œil, ainsi que les bras. S'il ne s'entraîne plus au gymnase pendant le même temps, mais qu'il ne coure pas, les muscles sont, à la vérité, moins congestionnés, mais non diminués. La course en vitesse ou la marche ont-elles quelque influence sur le développement de la cage thoracique? c'est probable, mais il faut que ces exercices soient pratiqués de bonne heure. Je crois qu'à partir de l'âge de 15 ou 16 ans, ils ne produisent plus d'effet bien appréciable sur le squelette du thorax pour en augmenter le diamètre transversal. Je ne veux pas parler de l'influence de la course sur les muscles des membres inférieurs, ceci est hors de mon sujet et m'amènerait trop loin.

L'entraînement des pugilistes a été étudié d'une façon tout à fait spéciale. M. le professeur Bouchardat lui a consacré un mémoire très-important dans l'*Annuaire de thérapeutique* pour l'année 1861. Depuis, plusieurs monographies ont été faites sur ce sujet. Aussi, comme cet entraînement a, pour ainsi dire, servi de base à tous les autres, nous avons cru devoir indiquer la préparation que les entraîneurs anglais font subir aux sujets qui veulent disputer le prix à ce genre de combat.

Voici ce régime indiqué par un entraîneur anglais, M. Cootes : « Six semaines sont d'ordinaire le délai accordé pour se préparer à un combat ou à une course. Commencez par prendre une pilule le soir, et une médecine noire le lendemain matin, et cela deux fois pendant la première semaine. Quand vous êtes convenablement purgé, prenez vos quartiers d'entraînement ; choisissez une habitation commode, à quelque distance des villes populeuses; que vos exercices soient modérés au début, pour les graduer de jour en jour sur l'accroissement de vos forces. Le sujet en train doit se lever de bonne heure, se laver avec soin, puis prendre un œuf cru, en mélangeant le jaune dans un demi-verre de bon vin de Sherry, après quoi il fera une promenade au pas d'environ deux milles avant l'heure du déjeuner (9 heures). L'exercice doit d'ailleurs être proportionné aux degrés de condition de l'individu. Plus il est chargé d'embonpoint, plus longues seront les épreuves. Après déjeuner,

il fera une promenade de deux milles, entremêlée de petites échappées de trois cents mètres à toute vitesse, et terminée par une course d'un mille, pour amener une suée que l'on séchera immédiatement en le frottant énergiquement avec une serviette. Après quoi il se rhabillera et marchera doucement pendant quelque temps. S'il a soif, il boira un peu de Xérès coupé d'eau. Vers 11 heures, il pourra prendre un quart de pinte de vin de Porto aromatisé, ou une demi-pinte de vieille ale. Il doit constamment porter dans sa poche un biscuit dur pour prévenir la faim. Souvent même il prévienda la soif en mâchant du biscuit plutôt que d'user trop fréquemment des liquides qui portent à la transpiration et nuisent à l'haleine. Il dînera à une heure ou deux, si l'appétit n'était pas bien ouvert. Après dîner, un exercice modéré : tel que bêcher la terre, lancer le disque, ou mouvoir des dum-bells, du poids de 4 livres chacun. Enfin choisir le genre d'exercice qui plaît le plus, sans s'exposer à des efforts outrés. Il faudra faire encore dans la journée une nouvelle course d'un mille. Si la fatigue cause la somnolence, on se permettra une heure de sommeil. Le dernier repas aura lieu vers deux heures du soir, 7 heures avant de se mettre au lit. On fera bien de s'abstenir de fumer. Proscrivez de votre régime : les spiritueux, le lait, les soupes, tous les ragoûts, et les aliments épicés. Les repas se composent de viandes maigres, si, bien entendu, on a déjà l'habitude de ses sortes d'aliments; mais quel que soit votre mode d'alimentation, restreignez-le toujours au simple nécessaire. Une selle par jour (chaque matin, après déjeuner, est l'heure désirable) indiquera que le corps fonctionne avec régularité. Plus de fréquence procèdera d'excès d'exercices, et alors on les diminuera ; ou du changement de régime, et dans ce dernier cas on prendra l'aliment qui tentera le plus, mais en petite quantité. Pesez-vous chaque jour, et quand vous êtes au poids voulu, bornez vos exercices à des promenades légèrement prolongées, sans oublier de continuer les petites courses rapides pour entretenir l'haleine. Evitez de garder la flanelle humide; ayez soin de vous frotter ou faire frotter, et de changer aussitôt après la transpiration. Tous les exercices dangereux doivent être interdits. Tous les tours de force gymnastique exigent à peu près le même mode de préparation. S'il s'agit d'une course de longue haleine, il faudra multiplier, en les graduant, les courses d'essai; s'il

s'agit d'un assaut de boxe, c'est au dum-bells qu'il faudra demander un plus grand développement de muscles et d'énergie. Il faudra, d'ailleurs, dans sa conduite et sa manière de vivre, se rapprocher de la nature, et tenir compte de ses habitudes. Le régime auquel la constitution est faite, sagement modifié, est toujours celui qui convient le mieux. Tous les entraîneurs anglais interdisent tous les rapports sexuels pendant l'entraînement. Je ne partage pas cet avis ; je pense que la nature veut être satisfaite sur ce point avec modération, et que la privation absolue est plutôt une cause d'affaissement. On apprécie généralement la condition d'un individu par l'aspect de son corps à l'état de nudité ; on préfère la maigreur à l'embonpoint ; les chairs doivent être fermes, blanches et exempte d'éruptions. Chaque once de chair, au-delà du poids voulu, est une chance de défaite, en cas de lutte prolongée. La condition entre pour beaucoup dans l'issue d'un combat. »

L'étude de l'entraînement comporte plusieurs problèmes à résoudre. Jusques ici, on s'est placé surtout au point de vue pratique, et à propos de chaque entraînement, on a discuté surtout la valeur du régime et de l'exercice en vue d'un but spécial à atteindre. On s'est préoccupé des méthodes destinées à donner de la force et de la résistance aux sujets entraînés, mais on n'a pas déterminé quel était le moyen le plus propre à favoriser le développement de leurs muscles, et, de plus, on ne s'est pas rendu un compte suffisant des modifications qu'ont dû subir les grands systèmes de l'économie pendant l'entraînement ; modifications qui ne se présentent pas à nos yeux comme celles du système musculaire. Il est en effet facile de suivre, pas à pas, les différents changements qu'éprouvent les muscles, chez un individu qui, en bonne santé, se livre à l'exercice ; mais il n'en est pas de même quand il s'agit d'examiner les changements produits sur les grands systèmes de l'économie, système nerveux, circulatoire ou respiratoire. Quoi qu'il en soit, rien que la liaison si intime qui existe entre tous ces systèmes nous fait déjà comprendre que les changements que l'un d'eux subit, entraîne nécessairement des modifications dans tous les autres. Voyons l'influence de l'entraînement sur les fonctions cérébrales :

On dit généralement que le développement du corps se fait aux

dépens de l'intelligence. Ceci est absolument inexact. L'histoire prouve que le nombre des hommes de génie qui se sont adonnés à la gymnastique est aussi grand que le nombre de ceux qui ne se sont jamais livrés à aucun exercice du corps. Mais laissons de côté ce point peut-être discutable, et voyons quelle est l'influence exacte de l'entraînement sur les fonctions cérébrales. L'observation sur ce point était assez difficile, car, évidemment, nous ne pouvions pas prendre comme sujets d'étude les individus qui, faisant de la gymnastique leur moyen d'existence, ne se livraient à aucun travail intellectuel ; nous avons dû choisir au contraire parmi les gymnastes ceux qui exerçaient leurs muscles et leur cerveau en même temps. Or, il est à remarquer un premier fait : c'est que l'entraînement ne fait subir aucune modification aux fonctions cérébrales. On a mis sur le compte de l'entraînement des phénomènes purement passagers qui surviennent après les exercices violents de la gymnastique, et surtout après ceux qui consistent à soulever des poids très-lourds. Alors, en effet, après ces grands efforts *violents et soutenus*, on remarque que le cerveau devient paresseux, la mémoire plus difficile. L'esprit s'applique moins bien aux choses qu'on lit. C'est surtout le travail de la réflexion qui se fait avec moins de force. Sitôt que l'on s'assied pour travailler, sitôt que l'on veut réfléchir, une sorte d'excitation partant de tous les points du corps, mais surtout des parties qui ont été spécialement exercées, oblige à se lever, à marcher. Cette activité n'est que passagère et bientôt le sommeil, arrivant brusquement, vous oblige à cesser tout travail et vous force au repos. On rêve rarement la nuit, à moins cependant que les exercices n'aient été trop longtemps prolongés et les efforts trop violents. Le matin, au réveil, il y a de la courbature souvent très-douloureuse, un peu de fatigue, qui se trahit par une pâleur du visage tout à fait caractéristique. Un des effets les plus remarquables de l'entraînement est celui qui s'opère du côté de l'imagination, qui se ralentit momentanément. L'individu commande mieux ces appétits ; il présente moins d'aptitude au coït, qui est toujours suivi d'une fatigue extrême.

Les combustions s'opèrent avec une grande énergie chez l'individu entraîné. Les matières azotées introduites en quantité plus considérable sont oxydées et transformées en urée, dont la proportion dans l'urine

est très-grande. Nous donnons ici deux analyses de notre urine, faites après des exercices violents.

21 juin 1881. — Urine émise à 11 heures moins un quart. Exercices de 5 heures du soir à 6 heures. — Je montai trois ou quatre fois à la corde lisse; je soulevai la barre à sphère de 192 livres, et le poids de 120 livres, puis je fis quelques mouvements de barre parallèle et d'anneaux. Après cela, douche, frictions, massage de 15 minutes, puis de nouveau, douche. Les urines furent examinées le matin par M. Guignard, chef du laboratoire de M. le professeur Lasègue. Voici le résultat de cet examen :

Odeur et couleur normales. Réaction franchement acide. Densité 1,029;

L'urée a été dosée par le procédé sûr et commode du Dr Regnard;

Il y avait dans un litre d'urine 32,78 d'urée; quantité d'urine émise dans les 24 heures, 600 grammes.

22 juin 1881. — Le matin, à 10 heures et demie, exercices de gymnastique peu violents, frictions, douche, massage. Dans l'après-midi, exercices variés, course, soulèvement de poids, etc.

Le matin, les urines ont été examinées; urines pâles, couleur normale; quantité d'urée, 30,26; densité, 1,0295.

CHAPITRE VI

HYDROTHÉRAPIE, MASSAGE ET FRICTIONS

Après que le muscle a fonctionné un certain temps, après qu'il s'est fatigué, ce qui tient à la présence des produits de combustion qu'il a formés dans les contractions précédentes, on le soumet à l'action de l'eau froide. L'hydrothérapie est le complément indispensable de tout exercice gymnastique. Il ne saurait y avoir d'entraînement véritable, si on n'ajoutait pas ses effets à ceux qui sont produits par le travail musculaire lui-même. « L'hydrothérapie est une grande force, a dit M. Fleury; elle donnera la régénération physique, intellectuelle et morale de nos races abâtardies et cacochymes. Elle fera revivre, sous une forme compatible avec nos mœurs, nos habitudes, nos affaires, les pratiques hygiéniques, balnéatoires, gymnastiques, auxquelles nos ancêtres ont dû leur force physique et leur énergie morale. »

C'est qu'en effet, en hygiène comme en thérapeutique, l'eau froide appliquée à l'extérieur est un des grands moyens dont la médecine dispose pour agir sur l'économie tout entière. Le chiffre matériel des pertes quotidiennes augmente sous l'influence de l'exercice musculaire et de la sudation, aussi l'appétit devient plus vif; la peau fonctionnant avec plus d'énergie, la santé générale s'améliore et le muscle est le premier à se ressentir de cette action bienfaisante et réparatrice.

L'eau froide, après un exercice violent, termine brusquement la transpiration; délivre le sujet de la chaleur incommode qu'il ressent, en lui faisant éprouver une sensation agréable, et le met à l'abri des accidents qui pourraient résulter du contact de l'air. Toutefois, faisons remarquer qu'elle n'agit pas seulement par elle-même, mais encore par le « mouvement vital » qu'elle provoque, par la réaction dont son action

est suivie. Le premier effet qui se manifeste quand on se met dans l'eau froide, c'est une sensation de refoulement des liquides vers l'intérieur du corps, accompagnée de suffocation et de gêne dans la respiration. Celle-ci est entrecoupée, haletante; le sujet éprouve un sentiment de constriction à l'épigastre; quelquefois l'impression subite du froid lui arrache un cri. Il y a en même temps contraction des capillaires et pâleur de la peau. Puis, après quelques instants, à la pâleur succède une rougeur uniforme qui apparaît sur toute la surface du tégument, surtout si l'eau employée est très-froide et le corps très-échauffé. Toutes les sensations pénibles ont disparu ; une douce chaleur pénètre par tout le corps, le sujet accuse un bien-être inexprimable; c'est que la réaction vient de se produire.

La réaction est la mise en jeu de toutes les forces organiques pour lutter contre l'action du froid. C'est donc le froid qui est la condition essentielle *sine quâ non*, de la réaction. La puissance de réaction varie d'individu à individu suivant un grand nombre de circonstances physiologiques et pathologiques. Pour qu'elle se fasse bien, il ne faut pas que l'exercice ait été poussé jusqu'à une trop grande fatigue; il faut que l'application extérieure de l'eau soit de courte durée; il faut enfin que l'individu soit bien disposé; car, même chez les sujets les plus habitués, il arrive quelquefois que l'eau produit une impression désagréable et une sensation de froid pénible qui dure plus ou moins longtemps, sans qu'on sache véritablement à quelle cause rapporter ce phénomène. Toutefois je n'ai jamais vu d'accident sérieux se produire dans ces conditions. Un autre fait intéressant à noter et que je n'ai trouvé signalé nulle part, c'est que l'acte de la défécation accompli immédiatement avant la douche ou l'immersion empêche l'individu de réagir convenablement.

Il y a plusieurs manières de se servir de l'eau froide après les exercices gymnastiques ; les principales sont la douche et l'immersion. On peut les employer indifféremment. Cependant, en général, c'est la douche qui est le mode d'emploi le plus fréquent. Dans les gymnases on ne trouve guère que des appareils à douche, seul celui de M. Paz possède une grande piscine, ce qui permet d'y pratiquer l'immersion. Quant à nous, nous avons employé l'immersion surtout l'hiver, alors que la température extérieure était très-basse, 6 ou 7 degrés au-dessous de 0, et

nous nous sommes plongé tous les jours pendant un mois, dans une petite rivière, le Dropt, affluent de la Garonne, à eau courante et suffisamment froide pour qu'elle fût recouverte d'une couche de glace sur presque toute son étendue. Toutes les fois que nous avons employé l'immersion dans ces circonstances, l'exercice gymnastique a été fait en plein air, et pendant un temps suffisant pour que le corps fût très-échauffé. Si la chaleur n'arrivait pas assez vite, je faisais de petites échappées de course en vitesse et je me jetais tout suant dans la rivière. Je n'y suis jamais resté plus de deux minutes, et je crois qu'il serait très-dangereux d'y demeurer plus longtemps. J'y séjournais habituellement 10 à 20 secondes, quelquefois une demi-minute, très-rarement une minute. Au début, au moment de l'immersion, voici ce que l'on éprouve: angoisse respiratoire très-pénible; sensation de froid atteignant aussi bien les parties périphériques que les parties centrales du corps. Celui-ci, en même temps qu'il semble tout d'un coup diminué de volume, s'entoure d'une épaisse couche de vapeur d'eau aussitôt que l'immersion a cessé. La réaction se fait toujours très-bien; il faut dire que je l'ai toujours aidée, par des frictions énergiques et une course rapide. La peau se couvre d'une rougeur uniforme très-vive, dans les points qui ont été touchés par le gant en crin. Après l'opération on éprouve la même sensation de bien-être et de chaleur qu'après la douche, et une insensibilité absolue à l'action de la température extérieure. C'est toujours le matin de bonne heure (8 à 9 heures) qu'on doit pratiquer l'immersion. On éprouve une grande répugnance à se jeter dans l'eau à un autre moment de la journée; voici la raison de ce fait : le matin, l'air possède une température très-basse, et l'eau est toujours à 0, ce qui fait qu'elle paraît relativement chaude ; au contraire, le soir l'atmosphère a été échauffée par les rayons du soleil ; l'eau a gardé la même température, aussi semble-t-elle très-froide. C'est à cause du même phénomène qu'au printemps et à l'automne les douches paraissent le plus pénible à prendre.

Donc, en résumé, on peut employer l'immersion ou la douche après les exercices violents et lorsque le corps est en sueur. L'application extérieure de l'eau ne doit pas être longue. Sa température est indifférente. Cependant on sait que la réaction est plus prompte après une

application relativement courte avec de l'eau plus froide, qu'après une application relativement longue avec de l'eau moins froide (Fleury.)

Après l'hydrothérapie, vient le massage. Nous ne décrirons pas ici toutes les manœuvres que l'on emploie dans les établissements spéciaux, sur des individus qui viennent là par hasard, pour passer un moment agréable ; nous ne décrirons pas non plus celles que l'on emploie sur des sujets malades dans un but thérapeutique ; nous ne parlerons que du massage hygiénique, de celui que nous avons employé sur nous, pour enlever la graisse et augmenter la force et la vigueur des muscles. Malheureusement les bons masseurs sont rares, parce que, d'une part, ils sont en général peu vigoureux, et parce que, d'autre part, n'ayant aucune connaissance d'anatomie et de physiologie, dans leurs diverses manœuvres, ils suivent rarement le trajet des muscles, et impriment souvent aux articulations des mouvements forcés. Nous avons donc nous-même pratiqué le massage et nous assurons que, s'il n'existe pas peut-être d'exercices plus pénibles, il n'y en a pas de plus avantageux pour ceux qui cherchent à s'entraîner. Les règles du massage hygiénique sont du reste très-simples ; voici comment on procède : au sortir de la douche, ou après l'immersion, on essuie tout son corps avec un linge bien sec ; il n'est pas nécessaire qu'il soit chauffé. On fait pendant quelques minutes un exercice violent, de la course en vitesse, par exemple pendant 5 ou 6 minutes, puis on se fait frictionner jusqu'à ce que la peau devienne très-rouge, avec une brosse de chiendent ou un gant en crin. Ce gant est une espèce de sac de la longueur de la main, fermé à l'extrémité unguéale. L'extrémité digitale présente deux compartiments : l'un très-large permettant l'introduction des quatre derniers doigts, et l'autre plus étroit destiné à la réception du pouce. Il est plus doux et plus flexible que la brosse de chiendent et il permet de frictionner uniformément les parties les plus irrégulièrement contournées. Il faut que la friction soit énergique, pour enlever les débris épidermiques et la matière sébacée, accumulée sur la peau. On peut faire la friction à sec, ou au contraire frotter préalablement le corps avec de l'huile d'olive bien pure, parfumée avec de l'essence de menthe ou de verveine qui dégage un parfum agréable. C'est la friction humide. Nous n'employons plus de nos jours le strigil, la roulette ou la palette. Ces

instruments sont tout à fait inutiles. J'en dirais de même de la flagellation avec un faisceau de branches. Ce moyen est peu agréable, surtout l'hiver quand l'eau est très-froide ; je dois dire cependant qu'il produit une très-vive rougeur de la peau. Je l'ai expérimenté pendant huit jours ; mais je n'ai jamais pu m'accoutumer à ce genre de douleur. Je crois donc que la friction avec le gant en crin est parfaitement suffisante. Si on n'a personne pour se faire frictionner, on peut le faire soi-même, car on peut atteindre facilement les parties antérieures du corps avec le gant en crin dont j'ai parlé tout à l'heure, en le faisant passer tantôt dans une main, tantôt dans l'autre.

Pour les parties postérieures, on se sert d'un morceau de toile long de 50 cent., large de 10 cent., muni de poignées à ses extrémités et recouvert de crin sur une de ses faces. En tirant tantôt à droite tantôt à gauche, on obtient une friction assez complète. Ceci fait, on pratique le massage proprement dit. Le sujet peut être debout ou couché ; pour masser les muscles du thorax et du bras, les seuls dont nous nous occupions ici, on peut simplement le faire asseoir sur une chaise à califourchon. Les manœuvres du massage sont au nombre de trois principales, ce sont : le pétrissage, la malaxation, le froissement. Le pétrissage, comme son nom l'indique, a pour effet de presser, de pétrir, pour ainsi dire, avec la main, les parties musculaires du corps. Il faut que ces manipulations soient faites perpendiculairement à la surface de la région sur laquelle on les applique. La malaxation est la même manœuvre, ne différant seulement que parce que la main est appliquée à plat, avec plus ou moins de force avant de se contracter. Le froissement n'est que le pétrissage de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané.

Dans ces différentes opérations du massage, qui, comme on vient de le voir, sont très-simples ; il faut pourtant encore observer certaines règles, sans lesquelles on ne saurait obtenir de bons résultats. Il faut que les frictions s'exercent de bas en haut suivant la direction du cours du sang veineux et suivant la direction des muscles. Lorsque ceux-ci se composent de plusieurs faisceaux, comme le trapèze par exemple, il faut masser chaque partie l'une après l'autre. Il ne faut pas presser sur les surfaces osseuses qui se présentent ; il faut aussi éviter soigneusement les nerfs. Ainsi, dans l'aisselle on évitera de toucher les gros plexus qui

passent à ce niveau. Pour le membre supérieur, on emploiera surtout les frictions fortes et humides, faites d'abord avec le gant, puis ensuite avec la face palmaire des doigts enduits d'huile d'olive ou de savon. Sur le grand dorsal on pratiquera le pétrissage, ainsi que sur la portion supérieure du trapèze. Il en sera de même sur le grand pectoral. Partout ailleurs on usera surtout de la friction. Il est inutile d'insister sur les bons effets du massage. Chacun sait que, sous son influence, la peau devient plus souple et plus perméable. Sur toute son étendue elle est d'un ton mat légèrement azuré; ce qui tient, d'une part, à la diminution de la graisse, et d'autre part, à la circulation plus active qui se fait dans les veines superficielles. Cet état de la peau est caractéristique; on ne l'observe que chez les individus parfaitement entraînés. Le massage favorise aussi l'absorption des produits normaux accumulés dans les mailles du tissu cellulaire et les interstices des muscles. Il réveille, en outre, la tonicité et la contractilité de ceux-ci. Il fait disparaître les douleurs que ressentent si souvent les gymnastes, surtout ceux qui s'entraînent à soulever de gros poids. Ces douleurs, qui surviennent à la suite de mouvements forcés, se montrent surtout au niveau de l'articulation scapulo-humérale et sacro-vertébrale. Il ne faut pas les confondre avec cette sorte de courbature qu'éprouvent les sujets qui viennent pour la première fois au gymnase.

§ 8. Description des principaux appareils usités en gymnastique. — Manière de régler l'exercice. — Hygiène spéciale.

Nous allons sommairement et simplement décrire les appareils qui nous semblent le plus propres à favoriser le développement des muscles du thorax et du bras et à en augmenter la force. On verra qu'ils sont très-simples et surtout peu coûteux. Le système des machines compliquées ne doit plus entrer dans les établissements de gymnastique; il faut aussi en bannir tous les exercices dangereux : sauts périlleux, marche sur les mains, etc., car, comme l'enseignait Platon, les exercices gymnastiques doivent avoir pour but de développer la force morale plutôt que la vigueur physique.

Le premier de ces appareils, par son importance, c'est la corde lisse.

La corde lisse n'est autre chose qu'une corde ordinaire de 8 à 12 cent. de circonférence, attachée à un point fixe par une de ses extrémités et libre par l'autre. On monte à cette corde et on en descend en ne faisant usage que des mains. Cet exercice développe d'une façon remarquable les biceps, les grands pectoraux et les grands dorsaux; mais il est très-violent, aussi ne doit-on monter et descendre la corde que deux ou trois fois seulement dans une séance de gymnastique.

On se sert beaucoup aussi, dans les gymnases, des barres parallèles. Les exercices qu'on pratique avec cet appareil sont peu pénibles, aussi peut-on les faire durer longtemps. Ils agissent surtout sur le triceps brachial et le grand pectoral, qui acquièrent des proportions énormes chez les individus exercés spécialement à ce genre de travail. Les barres parallèles dégagent aussi la poitrine en portant fortement les épaules en arrière.

Les anneaux agissent comme la corde lisse. Ils font travailler les mêmes muscles. En effet, lorsqu'étant suspendu par les mains on cherche à soulever le corps, les muscles du thorax prennent leur point d'appui sur l'humérus et soulèvent le tronc.

Tous les appareils que nous venons, en quelques mots, de passer en revue, sont appelés fixes par opposition à ceux qui, comme les haltères, les massues et les barres à sphère, sont appelés mobiles. Les premiers ont une action toute spéciale sur le développement de la cage thoracique, les seconds fortifient surtout les muscles du bras et de l'avant-bras. Les haltères, dont l'usage remonte aux temps les plus reculés de la gymnastique, sont deux masses de fonte reliées par une tige de même nature. Elles ont un poids variable. Les petites doivent peser vingt livres; les moyennes cinquante livres; et les plus lourdes de cent dix à cent cinquante livres. Les mouvements qu'on fait avec l'haltère légère sont surtout destinés à faire travailler un seul muscle, le deltoïde. Avec l'haltère de cinquante livres on exercera surtout les muscles de l'épaule, du bras et des lombes. Les haltères les plus pesantes sont destinées au développement des jambes et des muscles de la colonne vertébrale. Le temps ne me permet pas de décrire ici tous les détails de ces mouvements.

Les barres à sphère ne sont que des haltères dont la poignée est très-longue. Le poids de ces appareils doit être, pour les petits, de quarante

livres; pour les moyens, quatre-vingt livres; et pour les plus lourdes, cent trente-cinq à cent quatre-vingts, et deux cents livres, qui est le poids maximum.

Nous signalons aussi la massue, qui favorise le développement de l'avant-bras, fortifie la main et le poignet. La massue, ou mil, est une masse de bois de forme conique dont la plus petite extrémité est allongée en forme de poignée. Il existe aussi une massue qui se compose d'une sphère de fonte ajustée à l'extrémité d'un manche de même métal. Cette massue a été ingénieusement imaginée par M. Paul Bailly. Elle est beaucoup plus difficile à manier que l'autre et donne au membre supérieur une vigueur très-grande.

Nous ne parlerons pas ici des autres agrès que l'on trouve dans les gymnases; à savoir, de la barre fixe, des perches fixes et oscillantes, des échelles horizontales et inclinées. Nous laissons aussi de côté le trapèze, dont on a singulièrement exagéré l'importance.

Voyons maintenant comment il faut diriger l'exercice gymnastique. Les préceptes que nous allons indiquer ne s'adressent pas, bien entendu, à l'enfant ni à l'adolescent, mais à l'adulte depuis vingt-cinq jusqu'à quarante ans. Les exercices gymnastiques de l'enfant doivent, en effet, être aussi simples que possible; on doit en bannir tout ce qui pourrait ressembler, même de loin, à des productions athlétiques. Comment donc régler, chez l'adulte, les exercices gymnastiques pour en réduire la durée au minimum nécessaire. On peut procéder de la façon suivante :

Les exercices gymnastiques doivent être répétés trois fois par semaine, et de préférence de cinq heures à six heures du soir; longtemps par conséquent après que la digestion du repas du matin est achevée et quelque temps seulement avant le repas du soir. Il est d'observation que les exercices du matin sont fatigants et se font avec moins d'entrain que le soir.

Lorsque le corps a été très-échauffé par les mouvements faits à l'aide des appareils spéciaux dont j'ai parlé tout à l'heure, on le soumet à l'action de l'eau froide, douche ou immersion. Après s'être préalablement lavé le visage avec la main, on commence par la douche en pluie qui lave le corps sur toute sa surface et enlève la sueur. Puis on emploie le jet de lance que l'on dirige surtout sur les parties qui ont travaillé.

La douche doit être toujours très-courte. Ensuite on se frictionnera, on se massera selon les règles que nous avons indiquées plus haut. On finit toutes ces opérations par une lotion savonneuse, destinée à enlever tous les corps gras, et par une autre douche très-rapide.

Les jours où l'on ne se livrera pas aux exercices gymnastiques proprement dits, on pourra s'exercer à courir, à lutter, à faire des armes ou de la boxe française, exercice dans lequel les mouvements des jambes sont combinés avec ceux des bras; on pourra faire de la déclamation ou du chant. On prendra deux fois par semaine un bain simple, sans addition d'aucune substance, d'une température de 30°, et d'une durée de 10 minutes. Une fois tous les quinze jours on ira aux bains de vapeur.

La nourriture sera substantielle. On mangera peu de légumes et de pain, par contre beaucoup de viandes rôties et grillées. Il faut s'habituer à prendre une grande quantité de sel chaque jour. Après le repas du matin, on usera du café auquel on pourra ajouter une petite quantité de rhum ou d'eau-de-vie. Il faut dormir huit heures, sur un lit dur, sans rideaux. Il faut s'arranger de manière que toute la nuit un air frais et pur arrive dans la chambre où l'on couche. On s'abstiendra du coït qui enlève la vigueur et fait engraisser.

Qu'on suive ces règles, peut-être un peu sévères, mais qui ne sont en somme que celles d'une hygiène bien entendue, et on accomplira des prodiges : « L'homme civilisé, a dit un grand maître, ne connaît pas ses forces, il ne sait pas combien il en perd par la mollesse, et combien il peut en acquérir par l'habitude d'un fort exercice. »

CHAPITRE VII

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS CIRCULATOIRES ET RESPIRATOIRES PRODUITS PAR L'EXPÉRIENCE GYMNASTIQUE.

Nous avons réuni dans un chapitre à part les résultats des expériences que nous avons faites dans le laboratoire du professeur Marey en nous conformant à la méthode d'études qu'il a adoptée, pour les recherches qu'il poursuit sur les effets de l'exercice musculaire en général, et de la gymnastique en particulier.

Ces expériences ont été pratiquées dans des conditions variées, en comparant toujours l'état de la circulation et de la respiration immédiatement avant et immédiatement après l'exercice.

Cet exercice lui-même a été varié de façon à montrer les différences qui peuvent résulter de telle ou telle série d'efforts musculaires, de mouvements généraux, etc.

Nous pourrons montrer, par exemple, que, des différents exercices auxquels nous nous sommes soumis, il en est qui modifient profondément et la respiration et la circulation, d'autres, au contraire, qui les troublent à peine.

Nous verrons aussi que tel exercice qui n'altère que très-modérément les fonctions circulatoire et respiratoire chez un sujet spécialement entraîné à ce genre de travail, les trouble au contraire très-profondément chez un autre sujet qui n'est point exercé au travail en question et qui est, au contraire, habitué à une autre sorte de mouvement.

Du reste, l'examen rapide d'un certain nombre de courbes obtenues dans les conditions différentes dont il s'agit, fera mieux saisir que toute description les effets que nous désirons remettre en relief.

Toutes ces inscriptions du cœur, du pouls et de la respiration ont été recueillies par M. François Franck d'après les indications de M. Marey.

1. *Exercice des poids*, (2 *poids de* 20 *kilos*) *manœuvrés pendant* 4 *minutes, sur place, avec pauses très-courtes entre deux soulèvements. Bras tendu, soulèvement lent au-dessus de la tête.* — On peut comparer les deux figures 5 et 6 pour constater les effets circulatoires et respiratoires de l'exercice dont il s'agit. La première de ces deux figures

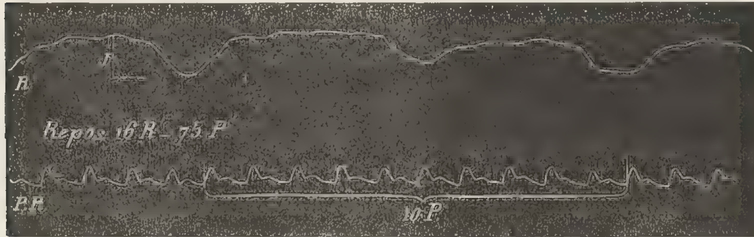


Fig. 5. — On voit, dans cette figure, que le nombre des respirations R est de 16 par minute; celui des pulsations (P. R. pouls radial) de 75 par minute. (État de repos.)

correspond à mon état normal par une température de 20 degrés, après un repos d'une demi-heure.

Après l'exercice avec deux poids de 20 kilos, on obtient les courbes de la fig. 6.

Indépendamment des modifications de fréquence indiquées dans les

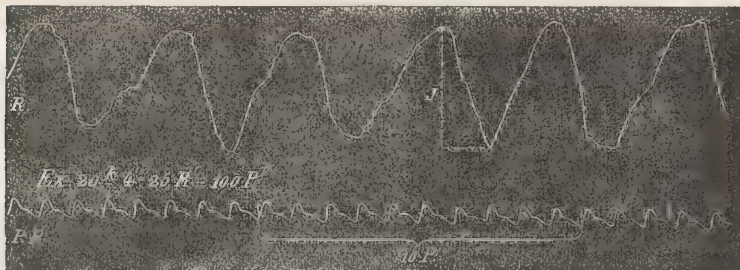


Fig. 6. — Après l'exercice (poids de 20 kilos), nombre de respirations (R), 25 par minute; des pulsations (P. R. Pouls radial), 100 par minute. La différence de fréquence des pulsations est indiquée par la différence de l'étendue qu'occupent 10 pulsations dans cette figure et dans la précédente.

légendes des figures précédentes et sur ces figures elles-mêmes, on peut constater les faits suivants :

1° Les mouvements respiratoires, en devenant plus fréquents augmentent considérablement d'amplitude, fait sur lequel l'attention a été

attirée déjà par M. Marey dans une communication à l'Institut et que nous avons étudié dans le chapitre III. — Si l'on compare, par exemple, les hauteurs J.-J. dans les deux figures précédentes, on peut constater que celle de la figure 6 est le triple de celle de la figure 5. Or, ces mesures correspondent à la profondeur de la respiration. . . . .

2° Les pulsations, très-pressées, ont pris une verticalité plus grande, ce qui correspond à une diminution de la pression artérielle, phénomène observé manométriquement chez les animaux, par MM. Chauveau et Marey. De plus, le dicrotisme s'est un peu modifié, mais ce changement est beaucoup moins accusé que dans les exemples que nous allons donner.

Quoique assez marquées, ces modifications respiratoires et circulatoires sont, en somme, peu considérables. Cela tient sans doute à ce fait que l'exercice qui les a provoquées est notre exercice habituel, celui que nous savons le mieux régler, en un mot celui pour lequel nous sommes spécialement entraîné.

2. *Pas gymnastique sur place, pendant* 10 *minutes, sans temps d'arrêt, température du laboratoire* 21 *degrés.* — En faisant l'exercice du pas gymnastique sur place pour lequel nous sommes moins entraîné actuellement que pour le travail des poids, nous avons obtenu des modifications du pouls beaucoup plus accusées que dans le cas précédent. Que l'on compare les deux figures 7 et 8, dont la première correspond à l'état de repos, immédiatement avant l'exercice, et la seconde a été recueillie immédiatement après, on pourra saisir les détails suivants :

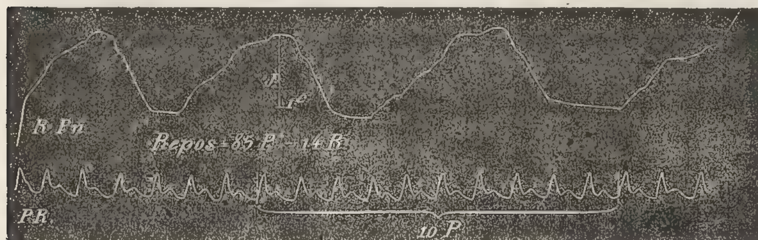


Fig. 7. — Respiration (R. Pn) et (P. R.). Pouls radial au repos. On compte 14 respirations et 85 pulsations par minute.

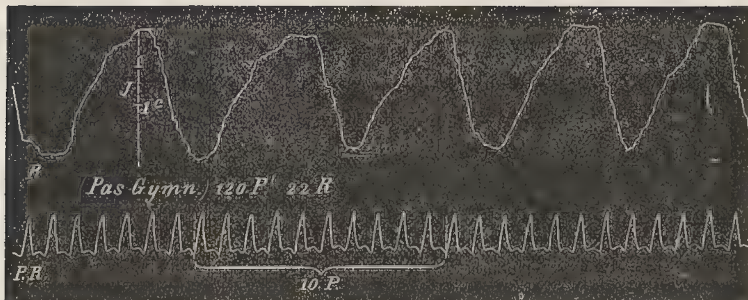


Fig. 8. — Respiration (R) et pouls radial (P. R.) après 10 minutes de pas gymnastique sur place. 22 respirations, 120 pulsations.

On peut constater ici que la respiration a encore, comme dans les exemples fournis par les figures 5 et 6 (travail des poids), considérablement augmenté d'amplitude; l'inspiration est représentée à l'état de repos (fig. 7) par une courbe *J* de 1 centimètre et quelques millimètres de hauteur, tandis qu'après le pas gymnastique sur place, la même courbe *J* a acquis une amplitude de près de 2 centimètres.

Mais la modification la plus remarquable est celle du pouls, dont la fréquence et l'amplitude ont considérablement augmenté.

Le dicrotisme y est aussi beaucoup plus accusé; le soulèvement qui s'observe à la fin de chaque pulsation artérielle aurait une amplitude très-grande, s'il n'était interrompu par l'arrivée de la pulsation suivante.

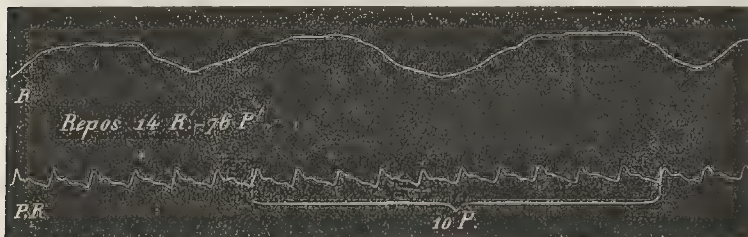


Fig. 9. — R. Respiration. P.R. Pouls radial au repos. 14 Respirations par minute. 76 Pulsations.

3. *Course en vitesse, au pas gymnastique, sur un sol de sable, pendant* 10 *minutes. Température extérieure* 27 *degrés.* — Les modifica-

tions produites par la course en vitesse sont beaucoup plus notables que celles du pas gymnastique sur place. Sans entrer dans le détail, il suffit de mettre sous les yeux les deux figures 9 et 10, dont la première correspond à l'état de repos, au laboratoire, par une température de

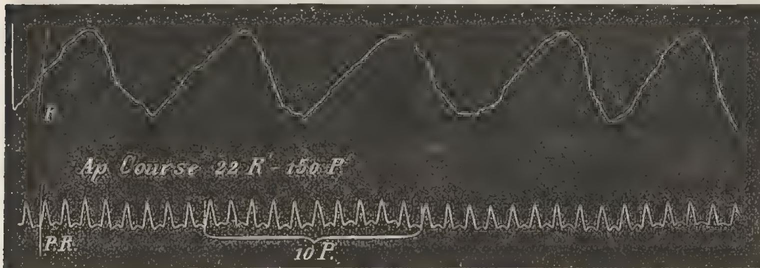


Fig. 10. — R. Respiration (22 par minute). P.R. Pouls radial (150 pulsations) après une course en vitesse de 10 minutes.

21 degrés ; et la seconde a été recueillie immédiatement après la course, la température extérieure étant de 27 degrés. Ici il faudrait évidemment tenir compte de la différence notable des deux températures du laboratoire et de l'extérieur, mais les résultats sont de même sens avec égalité des températures extérieures.

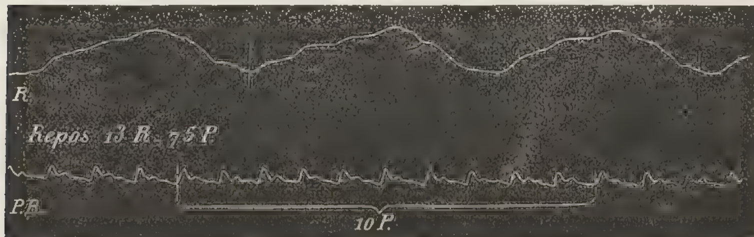


Fig. 11.— (R.) Respiration d'un autre sujet (13 par minute). (P.R.) Pouls radial (75 pulsations par minute), au repos.

Sur un autre sujet, les modifications respiratoires et circulatoires sont encore plus accusées : ce sujet était peu entraîné à la course en vitesse, bien que fort entraîné aux autres exercices du corps, à la natation par exemple. Voici les courbes qu'il nous a fournies (fig. 11 et 12).

Dans le dernier exemple (fig. 12) on peut constater, comme dans la

figure précédente, l'accélération et l'augmentation d'amplitude de la respiration, mais surtout l'augmentation considérable de la fréquence du pouls qui passe de 75 par minute au chiffre énorme de 160.

Notons aussi cet autre fait intéressant, bien visible sur les courbes

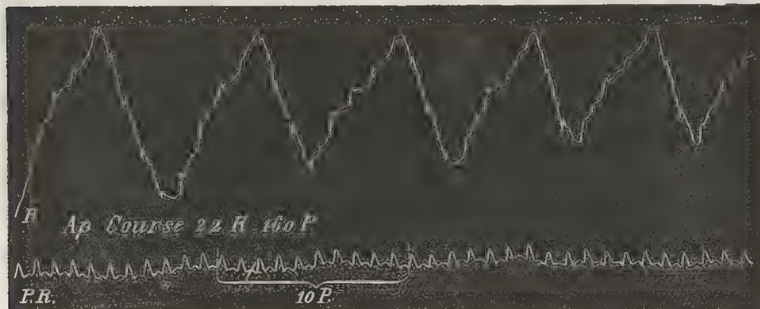


Fig. 12. — R. Respiration du même sujet que fig. 11 (22 par minute). (P.R.) Pouls radial (160 par minute, après course en vitesse de 10 minutes).

respiratoires de la même figure, que très-rapidement l'amplitude respiratoire va décroissant après avoir présenté un maximum qui se voit au début du tracé.

4. *Ascension rapide trois fois répétée d'un escalier à hautes marches; effets comparés sur deux sujets, l'un entraîné, l'autre absolument étranger aux exercices du corps.* — La comparaison des effets respi-

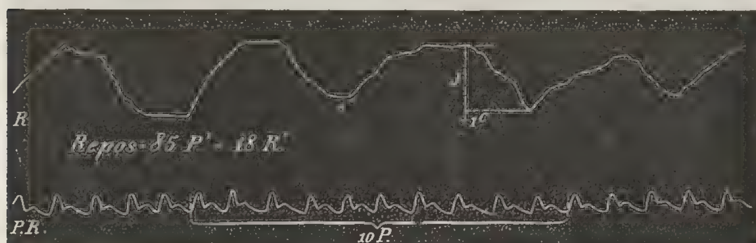


Fig. 13. — (R). Respiration et pouls radial P.R. au repos (18 respirations, 85 pulsations).

ratoires et circulatoires produite par le même exercice chez deux sujets, dont l'un (moi-même) était habitué aux exercices violents et rapides, et l'autre n'avait subi aucun entraînement, nous paraît des plus instructives. En effet, elle suffit à mettre en relief les effets salutaires de l'en-

traînement. Les figures ci-jointes montrent bien que l'ascension rapide, trois fois répétée, des trois étages d'un escalier à marches élevées, a

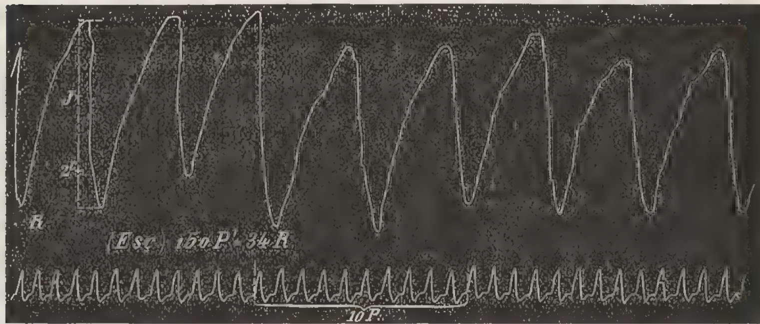


Fig. 14. — (R). Respiration (31 par minute) et pulsations (150) chez le même sujet que fig. 13, après ascension trois fois répétée de 3 étages. (Sujet entraîné aux exercices gymnastiques.)

beaucoup moins troublé ma circulation que l'ascension, faite *deux fois* seulement, de deux étages par un sujet non entraîné (fig. 16).

Les effets du même exercice chez les deux sujets qui ont fourni les quatre dernières figures, se sont montrés différents, à ce point que pour

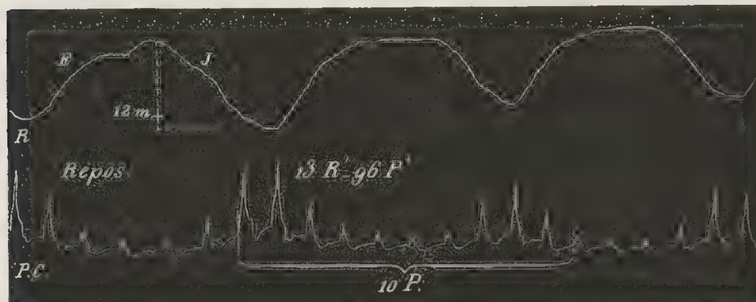


Fig. 15. — Respiration (R) et pulsations du cœur (P.C.) chez un sujet non entraîné, au repos. 13 Resp. 96 Pulsations par minute.

celui qui n'était soumis à aucun entraînement préalable, on a dû attendre plusieurs minutes pour recueillir les tracés, afin de lui laisser le temps de se reposer un peu et de reprendre haleine. Il était, au retour, pâle, essoufflé, bien qu'il n'eût fourni que les deux tiers du travail qu'avait donné le premier.

Malgré cette suspension de l'expérience, et le temps accordé aux troubles respiratoires et cardiaques pour se calmer, on constate encore les perturbations considérables produites par l'ascension de deux étages.

Il faut en effet reconnaître que c'est là l'exercice le plus violent qu'on

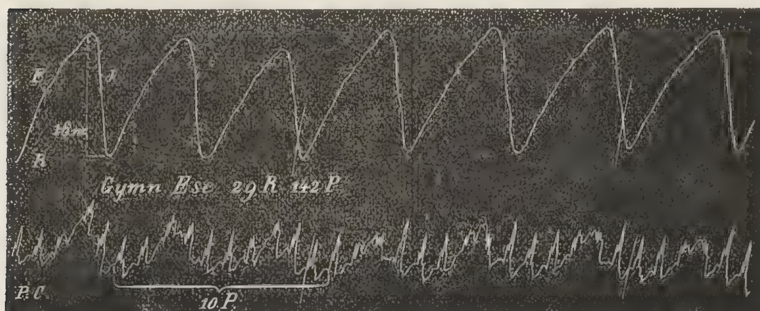


Fig. 16.—Respiration (R), 29 par minute. Pulsations du cœur (P.C.) (142 par minute), *plusieurs minutes* après ascension de deux étages. (Sujet non entraîné.)

puisse faire : élever rapidement son propre poids à une grande hauteur, constitue un travail mécanique énorme qui pourrait facilement être évalué en kilogrammètres et fournirait alors un résultat à peine croyable. Chacun sait, du reste, combien est pénible l'ascension, même ménagée, des étages de nos maisons, et quel besoin absolu de s'arrêter éprouveront presque toutes les personnes qui ont gravi trois ou quatre étages.

Nous avons cherché, dans les exemples qui précèdent, à donner une sorte de série croissante des modifications imprimées à la respiration et à la circulation par les exercices gymnastiques. Ces expériences, tout en démontrant le fait général de l'augmentation simultanée de fréquence et d'amplitude des respirations et l'accélération du cœur avec augmentation de la vitesse du cours du sang, prouvent encore que les effets diffèrent suivant le genre d'exercices; ils sont beaucoup plus accusés pour les exercices auxquels on n'est point habitué, peu sensibles au contraire à la suite de ceux pour lesquels on a subi un entraînement spécial.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Nous avons exposé, dans ce travail, les résultats de nos expériences personnelles sur les modifications que l'entraînement, tel que nous l'avons pratiqué, détermine dans l'appareil musculaire et aussi dans les principales fonctions.

Si nous avons surtout insisté sur l'hygiène de l'entraînement, c'est que nous avons constaté par nous-même combien étaient importants les plus petits détails au point de vue du résultat qu'on doit poursuivre.

Il ne s'agit pas, en effet, seulement d'obtenir par l'exercice, des muscles puissants, mais de modifier, au plus grand profit de la santé générale, les fonctions essentielles, respiration, circulation, sécrétions, etc. Or, on ne peut arriver à ce résultat qu'en associant, à la gymnastique proprement dite, une série d'autres moyens de grande hygiène, les douches, l'immersion, les frictions, le massage, un régime alimentaire convenable, l'abstention de tout excès.

La partie analytique des effets physiologiques n'a pu malheureusement qu'être ébauchée : nous avons abordé cette étude à la fin des expériences faites sur nous-même, et le temps nous a manqué pour la pousser aussi loin qu'il eût été désirable. Nous avons pu cependant mettre à profit les recherches antérieures de M. le professeur Marey, et tirer parti des expériences qu'il a bien voulu nous autoriser à faire dans son laboratoire.

Tous les exercices musculaires, avec ou sans travail produit, s'accompagnent chez les sujets entraînés ou non d'accélération du rhythme du

cœur et de la respiration. Il n'y a que de très-rares exceptions à cette règle, et encore les sujets entraînés qui s'y dérobent pour certains exercices auxquels ils sont depuis longtemps accoutumés, présentent-ils les mêmes modifications pour les autres exercices qui leur sont moins familiers.

L'accélération des mouvements du cœur marche de pair avec la dilatation des vaisseaux périphériques, sans qu'on puisse établir une relation de cause à effet entre ces deux phénomènes. L'élévation de la température profonde paraît les commander tous les deux et déterminer la dilatation vasculaire comme l'un des moyens les plus actifs au point de vue de la régulation thermique (déperdition de chaleur par la surface cutanée).

La sudation qui se produit en même temps que la dilatation vasculaire périphérique, contribue puissamment à maintenir dans ses limites physiologiques la température centrale accidentellement élevée au-dessus de la normale.

On doit aussi considérer certains actes respiratoires, comme contribuant efficacement à cette régulation de la température : par exemple, et en première ligne, l'exhalation surabondante d'eau par les vaisseaux pulmonaires et la vaporisation rapide de cette eau dans le poumon.

Les modifications du rhythme respiratoire ont moins d'importance que les modifications d'amplitude des mouvements de la respiration : chez tous les sujets qui viennent de faire un exercice quelconque, la respiration devient beaucoup plus profonde, et détermine ainsi un renouvellement plus considérable de l'air dans le poumon. Nos recherches sur ce point ne font que confirmer les résultats déjà obtenus par M. le professeur Marey.

On peut considérer comme multiples les avantages de l'augmentation d'amplitude des mouvements respiratoires à la suite d'un exercice gymnastique quelconque.

1° Grâce à l'ampliation exagérée du thorax et à l'énergie plus grande de l'aspiration thoracique, la circulation est favorisée dans les vaisseaux pulmonaires, comme cela a été établi par un grand nombre de recherches sur ce point spécial; la vitesse de la circulation pulmonaire augmente ainsi parallèlement à celle de la circulation générale.

2° En même temps qu'elle favorise le cours du sang à travers le poumon, l'augmentation de l'aspiration thoracique permet au sang veineux de se déverser plus librement dans le thorax et, par suite, s'oppose à l'élévation anormale de la pression veineuse qui tend à augmenter par le fait de la dilatation des petits vaisseaux périphériques et des mouvements musculaires.

3° D'un autre côté, la ventilation énergique qui s'opère à l'intérieur du poumon, permet l'hématose de la quantité de sang surabondante qui en traverse les vaisseaux.

4° Enfin ce renouvellement considérable d'air active l'évaporation de l'eau qui transsude en quantité considérable à travers les vaisseaux pulmonaires et intervient ainsi activement dans la réfrigération du sang qui traverse le poumon.

Tels sont les bénéfices immédiats principaux qui résultent des modifications respiratoires produits par l'exercice musculaire.

Mais il est un avantage secondaire, persistant, dont l'importance n'est pas moindre : *c'est l'augmentation de la capacité respiratoire*. Cet effet se juge, non par les mensurations comparatives du périmètre thoracique, avant et après l'entraînement, mais par la mesure directe du volume d'air expiré normalement, à chaque mouvement respiratoire, à l'aide d'un spiromètre quelconque. Les différences sont assez notables pour que tous les appareils, même les moins sensibles, les mettent en évidence. Celui de Galante, que nous avons décrit et figuré dans ce travail, paraît être le meilleur qui existe actuellement.

QUESTIONS

Sur les diverses branches des Sciences médicales

Anatomie et histologie. — *Des os des membres supérieurs.*

Physiologie. — *Mouvements réflexes.*

Physique. — *Baromètres; effets de la pression atmosphérique sur l'homme; ventouses.*

Chimie. — *Des acides; de leur constitution; définition des acides mono, bi, et poly-basiques.*

Histoire naturelle. — *Qu'est-ce qu'un pachyderme? Comment les divise-t-on? Quels produits produisent-ils à l'art de guérir?*

Pathologie externe. — *Des pseudarthroses consécutives aux fractures.*

Pathologie interne. — *De la fièvre synoque.*

Pathologie générale. — *De la prédisposition morbide.*

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Altérations de l'urine.*

MÉDECINE OPÉRATOIRE. — *De l'opération de la pupille artificielle; comparaison des procédés par déplacement, incision, enclavement.*

PHARMACOLOGIE. — *Distillation des eaux distillées ou hydrolats; comment les obtient-on? Quelles sont les altérations qu'elles peuvent subir, et les moyens employés pour les prévenir?*

THÉRAPEUTIQUE. — *De l'absorption des médicaments.*

HYGIÈNE. — *Exercice musculaire.*

MÉDECINE LÉGALE. — *De la valeur des expériences physiologiques pour constater la présence des poisons.*

ACCOUCHEMENTS. — *Du palper abdominal; sa valeur comme moyen de diagnostic de la grossesse, des présentations et des positions.*

Vu : le Président de la thèse.
LASÈGUE.

Vu et permis d'imprimer,
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris.
A. GRÉARD.

3386 — PARIS. — TYP. TOLMER ET Cie, 3, RUE DE MADAME